

KONEOHJAUSMALLIN TUOTTAMISEN PERUSOHJE

Samu Leppänen
Samuli Niskala

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijät	Samu Leppänen, Samuli Niskala	Vuosi	2016
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	Mitta Oy		
Työn nimi	Koneohjausmallin tuottamisen perusohje		
Sivumäärä	48		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa perusohje, joka ohjaa koneohjausmallien tuottamista toimeksiantajayrityksessä sekä toimii tietopakettina opetuskäytössä maanmittausalalla. Tavoitteena on yhtenäistää koneohjausmallien tuottamisen tapoja toimeksiantajayrityksessä sekä edesauttaa mallien tekijöitä noudattamaan yhtenäistä linjaa niiden tuottamisessa. Koneohjausjärjestelmien käyttö erilaisilla maanrakennustyömailla on lisääntynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Huolimatta tekniikan nopeasta kehitymisestä koneohjausjärjestelmän hyödyntäminen vaatii työmaakohtaisen koneohjausmallin luomisen.

Opinnäytetyössä käydään läpi koneohjausmallin tuottaminen vaiheittain havainnollistavien esimerkkikuvien avulla. Ensimmäisenä lähtötietoaineistona käytetään paalulukuihin sidottuja poikkileikkauskuvia sekä tiegeometritiedostoa. Toisena lähtötietoaineistona toimii XML-formaatissa oleva vektoritiedosto, joka vaatii pieniä korjauksia ennen käyttöönottoa.

Työn tutkimusaineistona on käytetty maanmittausalan kirjallisuutta sekä verkkolähteitä. Työn tuloksena muodostui perusohje, joka ohjaa koneohjausmallien tuottamista toimeksiantajayrityksessä sekä toimii tietopakettina opetuskäytössä maanmittausalalla.

Technology, Communication and
Transport
Degree Programme of Land Survey-
ing
Bachelor of Engineering

Author	Samu Leppänen, Samuli Niskala	Year	2016
Supervisor	Timo Karppinen		
Commissioned by	Mitta Oy		
Subject of thesis	Basic Instructions for producing a Machine Control Model		
Number of pages	48		

The purpose of this study was to produce basic instructions, which will guide the production of machine control models in commissioning companies, and work as an information package for educational use in the field of land surveying. The aim was to standardise the production methods of machine control models in commissioning companies, and to help the producers of models to adopt a consistent line in their production. The use of machine control systems at various earthworks sites has increased significantly in recent years. Despite the rapid development of technology, the utilisation of a machine control system requires the creation of a site-specific machine control model.

In the study, the creation of a machine control model was reviewed step by step with the help of illustrative example images. Cross-sectional images tied to pole figures, and road geometry files was used as the first initial data material. A vector file in the XML format that required minor corrections before use, was used as the second initial data material.

Land surveying literature and online resources, have been used as research material. As a result, basic instructions were created. They guide the production of machine control models in commissioning companies, and operate as an information package for educational use in the field of land surveying.

Key words

3D-machine control, machine control model, modelling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	SATELLIITTIPAIKANNUS	11
2.1	Yleistä	11
2.2	Mittausmoodit	12
2.2.1	Absoluuttinen mittaus	12
2.2.2	Differentiaalinen paikannus	13
2.2.3	Suhteellinen mittaus	13
3	GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM.....	15
3.1	Yleistä	15
3.2	Paikkatietojärjestelmät	15
3.2.1	GPS.....	15
3.2.2	GLONASS.....	15
3.2.3	Galileo	16
3.2.4	COMPASS	16
4	KONEOHJAUS	17
4.1	Yleistä	17
4.2	Koneohjausjärjestelmä.....	18
4.3	Tukiasemat	20
4.4	Yleiset ongelmat koneohjauksessa.....	21
4.4.1	Inhimilliset virheet.....	21
4.4.2	Viat laitteistossa	21
4.4.3	Ongelmat tiedonsiirrossa.....	23
5	YLEISIMMÄT LAITEVALMISTAJAT	27
5.1	Scanlaser – Leica Geosystem	27
5.2	Topgeo Oy	27
5.3	Novatron Oy.....	28
5.4	Trimble.....	28
6	KONEOHJAUSMALLIN TUOTTAMINEN	29
6.1	Yleistä	29
6.2	Mallien tuottamisessa käytettävät ohjelmistot	29
6.2.1	3D-Win	29
6.2.2	AutoCAD	30

6.3	Mallin tuottaminen poikkileikkauskuvien sekä tiegeometrian avulla	30
6.3.1	Taiteviivojen rakentaminen AutoCAD-ohjelmalla	31
6.3.2	Aineiston käsittely 3D-Win-ohjelmistolla	34
6.4	Mallin tuottaminen lähtötietoaineistona XML-tiedosto	40
6.4.1	Lähtötietoaineiston tarkistus 3D-Win-ohjelmistolla	40
6.4.2	Lähtötietoaineiston korjaus 3D-Win-ohjelmistolla	42
7	POHDINTA	45
	LÄHTEET	47

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Mitta Oy:n toimeksiannosta. Haluamme kiittää toimeksiantajaamme Mitta Oy:tä opinnäytetyön aikana saamastamme tuesta ja ammattitaitoisista neuvoista. Erityiskiitokset kuuluvat opinnäytetyön yhteyshenkilöille Martti Mikkoselle ja Teemu Määtälle, jotka avustivat meitä opinnäytetyön tekemisessä.

Lisäksi haluamme kiittää opinnäytetyön ohjaajaa Timo Karppista sekä muita Lapin Ammattikorkeakoulun maanmittaustekniikan opettajia, jotka ovat avustaneet opinnäytetyön etenemisessä.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

→	Seuraavaan vaiheeseen siirtyminen
C/A-koodi	Salaamaton koodi, joka moduloidaan GPS signaalin kantaaltoon
COMPASS	Kiinassa kehitteillä oleva paikannusjärjestelmä
DOP	Satelliittigeometrian vaikutus mittaustarkkuuteen
DWG	CAD-tiedostoformaatti
DXF	CAD-tiedostoformaatti
Galileo	Euroopan kehittämä satelliittinavigointijärjestelmä
Glonass	Venäjän puolustusministeriön ylläpitämä paikannusjärjestelmä
GNSS	Maailmanlaajuisesti toimiva satelliittipaikannusjärjestelmä, joka hyödyntää useiden paikannusjärjestelmien satelliitteja
GPS	Yhdysvaltain puolustusministeriön ylläpitämä ja alun perin sotilaskäyttöön suunniteltu paikkatietojärjestelmä
LandXML	Infrasuunnitelmissa käytettävä tiedonsiirtostandardi
PG	Pystygeometriatiedosto
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus

TG	Tiegeometriatiedosto, joka sisältää pystygeometrian ja vaakageometrian
VG	Vaakageometriatiedosto

1 JOHDANTO

Koneohjausjärjestelmien käyttö erilaisilla maanrakennustyömailla on kasvanut runsaasti viime vuosien aikana. Useimmissa maanrakennushankkeissa vaaditaan koneohjausjärjestelmää työkoneisiin, mikäli haluaa päästä jatkoon tarjouskilpailussa. Koneohjauksen on huomattu vaikuttavan positiivisesti hankkeen etenemiseen, työn laatuun sekä vähentävän kustannuksia. Koneohjausjärjestelmän käyttö vaatii koneohjausmallin luomisen työmaalle. Tekniikan kehittyessä myös mallien monimuotoisuus on lisääntynyt ja tapoja mallien luomiseen on useita erilaisia. Tekniikan kehittyminen ja mittalaitteiden tarkkuuden parantuminen luo painetta myös parempien koneohjausmallien luomiseen. Koneohjausmalleilta vaaditaan yhä enemmän ja tarkempaa tietoa työmaasta.

Opinnäytetyön aiheen valinta perustuu kesätöissä saatuihin kokemuksiin siitä, kuinka koneohjausmalleja tuotetaan erilaisista lähtötietoaineistoista erilaisin menetelmin. Yhtenäistä tapaa mallin luomiseen ei ole vielä olemassa vaan se muuttuu jatkuvasti suunnitelmien vaatimusten kasvaessa ja tekniikan kehittyessä. Koneohjausjärjestelmien toiminta ja niiden parissa työskentely on kiinnostanut opintojen alusta lähtien molempia opinnäytetyöntekijöitä, koska koneohjaus on nopeasti kehittyvä ja yleistyvä aihe maanmittausalalla. Lisäksi oman ammattitaidon kehittäminen kyseisellä osa-alueella voi olla hyödyksi tulevaisuuden työllistymisen kannalta. Työnantajat arvostavat yhä enemmän monipuolista osaamista, koska maanmittausalan työtehtävät ja työnkuva muuttuvat jatkuvasti tekniikan kehittyessä.

Opinnäytetyössä käydään läpi keskeisimmät asiat satelliittipaikannuksesta, satelliittipaikannusjärjestelmistä, koneohjauksesta sekä esitellään yleisimmät koneohjausjärjestelmien laitevalmistajat. Opinnäytetyön pääaiheena on koneohjausmallien tuottaminen kahdesta erilaisesta lähtötietoaineistosta. Työssä käydään läpi koneohjausmallin tuottaminen vaiheittain havainnollistavien esimerkkikuvien avulla. Ensimmäisenä lähtötietoaineistona käytetään paalulukuihin sidottuja poikileikkauskuvia sekä tiegeometritiedostoa. Toisena lähtötietoaineistona toimii XML-formaatissa oleva vektoritiedosto, joka vaatii pientä muokkausta ennen

käyttöönottoa. Koneohjausmallien tuottamisessa käytetään Autodeskin AutoCAD Map 3D sekä 3D-Win ohjelmistoja.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa perusohje, joka ohjaa koneohjausmallien tuottamista toimeksiantajayrityksessä sekä toimii tietopakettina opetuskäytössä maanmittausalalla. Tavoitteena on yhtenäistää koneohjausmallien tuottamisen tapoja toimeksiantajayrityksessä sekä edesauttaa mallien tekijöitä noudattamaan yhtenäistä linjaa niiden tuottamisessa.

2 SATELLIITTIPAIKANNUS

2.1 Yleistä

Viime vuosina satelliittipaikannuksen käyttö on yleistynyt ihmisten keskuudessa, tarvittavan teknologian tultua kaikkien saataville. Laitteiden hintatason laskettua satelliittipaikannusta on alettu hyödyntää monipuolisesti työ- sekä arkikäytössä. Autojen navigaattorit, urheilukellot sekä matkapuhelimien karttasovellukset ovat hyviä esimerkkejä satelliittipaikannusta hyödyntävistä arkipäivän laitteista. Satelliittipaikannusta hyödynnetään laajasti eri työaloilla, esimerkiksi merenkulussa, rakentamisessa, kartoituksissa sekä kuljetusalalla (Kuvio 1). (Paikkatietokeskus 2015.)



Kuvio 1. Satelliittipaikannuksen käyttökohteita (GPS Navigation Systems 2015)

Satelliittipaikannuksella tarkoitetaan kohteen sijainnin määrittämistä satelliittijärjestelmän lähettämän radiosignaalin perusteella. Radiosignaalin lähetys- ja vastaanottoajan ollessa tiedossa, voidaan signaalin kulkuajan perusteella määrittää

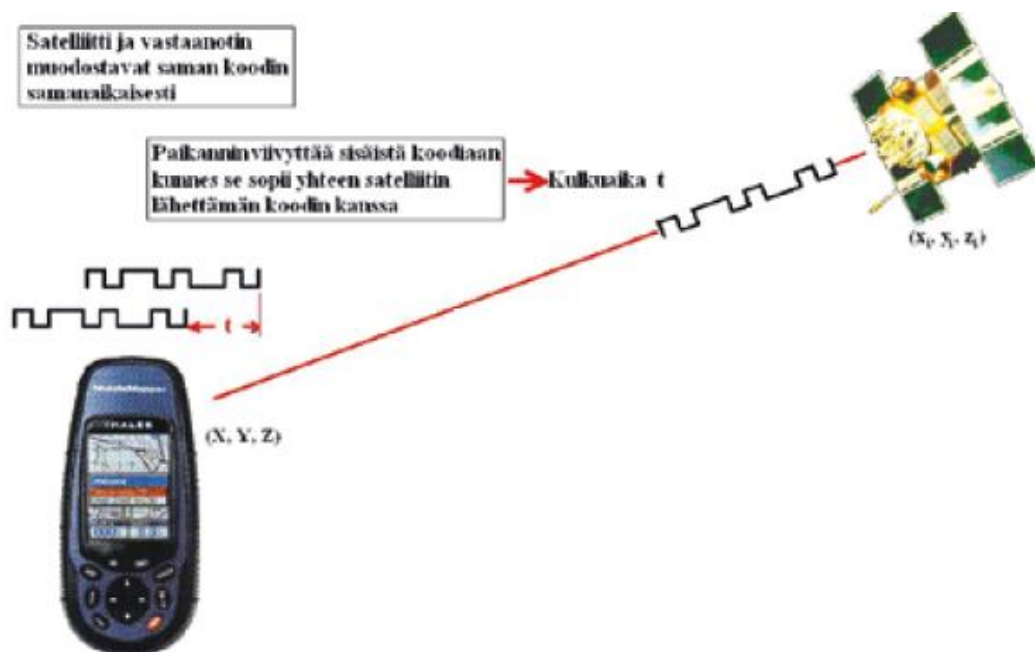
vastaanottimen etäisyys satelliittiin. Paikannus perustuu siis tarkkaan ajanmäärittukseen. (Paikkatietokeskus 2015.)

2.2 Mittausmoodit

Satelliittipaikannuksessa käytetään kolmea perusmittaustapaa, jotka ovat absoluuttinen paikannus, differentiaalinen paikannus sekä suhteellinen mittaus. Edellä mainittujen mittaustapojen lisäksi on mahdollista käyttää myös erilaisten havaintosuureiden yhdistelmiä. (Laurila 2012, 293–294.)

2.2.1 Absoluuttinen mittaus

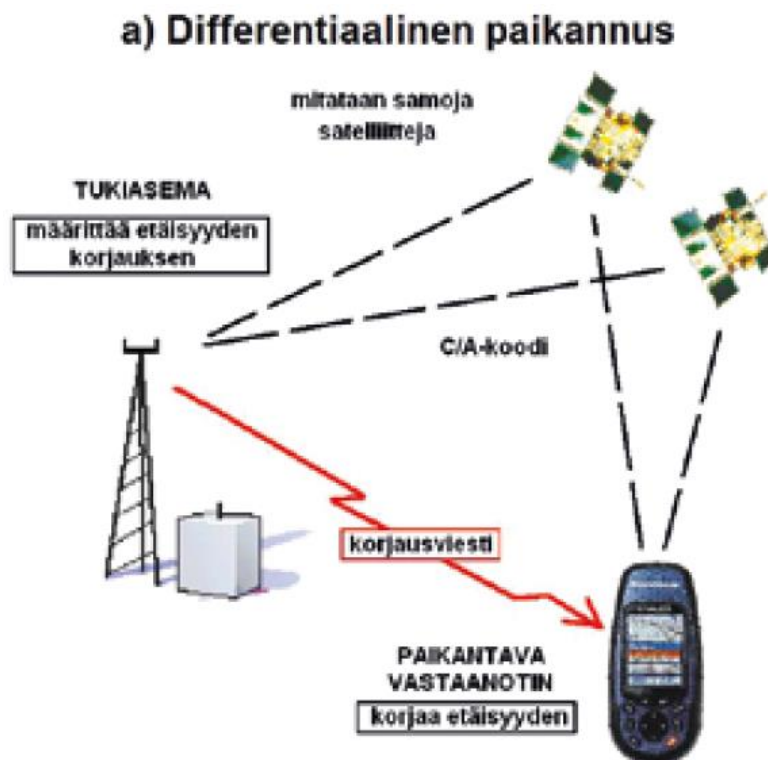
Yleisin satelliittipaikannustapa on absoluuttinen mittaustapa, joka on halvin, yksinkertaisin ja tarkkuudeltaan heikoin kolmesta perusmittaustavasta. Absoluuttinen paikannus perustuu C/A-koodin avulla mitattuun signaalin kulkuaikaan, jonka määrittämiseen käytetään signaalin viivytystekniikkaa (Kuvio 2). Tarkkaan paikannamääritykseen vaaditaan yhteys vähintään neljään satelliittiin. Absoluuttinen paikannus on kolmesta perusmittaustavasta epätarkin ja sen paikannustarkkuus on alle kymmenen metriä. (Laurila 2012, 295–297.)



Kuvio 2. Absoluuttisen paikannuksen periaate (Laurila 2012, 297)

2.2.2 Differentiaalinen paikannus

Differentiaalinen paikannus perustuu absoluuttisen mittauksen tavoin C/A-koodiin sekä tarkkaan ajanmääritykseen. Ajanmäärityksen lisäksi siinä hyödynnetään tunnetulla pisteellä sijaitsevaa tukiasemaa, joka lähettää laskemansa virheen paikantavalle vastaanottimelle (Kuvio 3). Tätä virhettä, jonka mukaan paikantava vastaanotin korjaa mittaamiaan etäisyyksiä kutsutaan differentiaalikorjaukseksi. Tällä tekniikalla saadaan hieman parempia paikannustarkkuuksia kuin absoluuttisella paikannuksella. Paikannustarkkuudet vaihtelevat 0,5-5,0 metrin välillä. (Laurila 2012, 293, 299–301.)

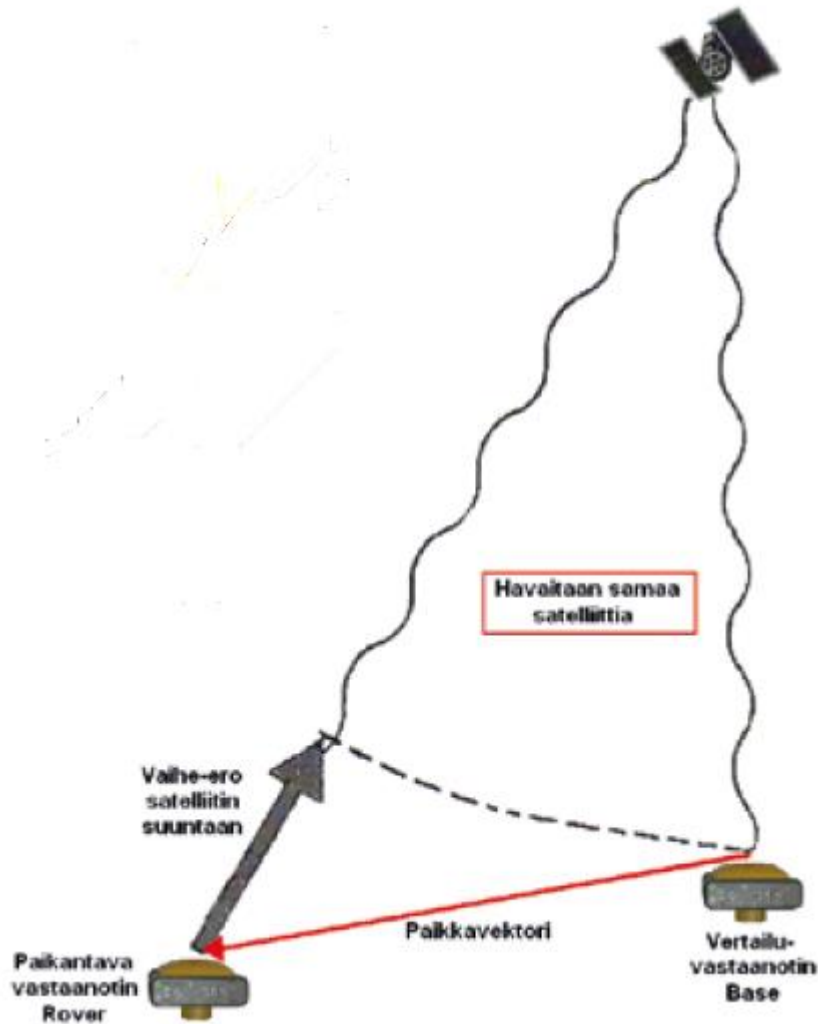


Kuvio 3. Differentiaalisen paikannuksen periaate (Laurila 2012, 300)

2.2.3 Suhteellinen mittaus

Suhteellinen mittaus eli relatiivinen mittaus perustuu vaihehavaintoihin ja on kolmesta perusmittausmoodista tarkin. Kartoituksissa, geodesiassa, rakennusmittauksissa ja koneohjauksessa käytetään yleisesti suhteellista mittaustapaa. Suhteellisessa mittauksessa paikanmääritys tapahtuu käyttämällä kahta havaintolai-

tetta, joista toinen ns. vertailuvastaanotin sijaitsee usein tunnetulla pisteellä (Kuvio 4). Suhteellinen mittaustapa eroaa muista mittaustavoista siten, että paikanmäärityksessä hyödynnetään C/A-koodin sijasta kantoaaltoja ja paikanmääritys tapahtuu vertailuvastaanotton suhteen. Suhteellisella mittaustavalla saavutetaan paras mahdollinen tarkkuus joka on alle viisi senttimetriä. Tällä menetelmällä on teoriassa mahdollista mitata millimetritarkkuuksilla. Tämä on kuitenkin hyödytöntä, koska satelliittien ratoja sekä ilmakehän aiheuttamia virheitä ei tunneta samalla tarkkuudella. (Laurila 2012, 294, 301–302.)



Kuvio 4. Suhteellisen paikannuksen periaate (Laurila 2012, 303)

3 GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

3.1 Yleistä

Satelliittimittauksesta käytetään usein virheellisesti termiä GPS-mittaus, vaikka useimmissa nykypäivän laitteissa on mahdollista käyttää myös muiden satelliittipaikannusjärjestelmien satelliitteja. GNSS-järjestelmä (Global Navigation Satellite System) on maailmanlaajuisesti toimiva satelliittipaikannusjärjestelmä, joka hyödyntää useiden paikannusjärjestelmien satelliitteja. GNSS-mittauksessa hyödynnetään Yhdysvaltojen (GPS) ja Venäjän (GLONASS) järjestelmien satelliitteja. Tulevaisuudessa myös Euroopalla (Galileo) ja Kiinalla (COMPASS) on omat satelliittipaikannusjärjestelmät. (EGNOS 2015; Paikkatietokeskus 2015.)

3.2 Paikkatietojärjestelmät

3.2.1 GPS

GPS (Global Positioning System) on Yhdysvaltain puolustusministeriön ylläpitämä ja alun perin sotilaskäyttöön suunnittelema paikkatietojärjestelmä, jolla on nykyään käytössä 32 satelliittia. Tämä järjestelmä on ollut käytössä jo pitkään ja siitä on tullut globaalisti tunnetuin ja eniten käytetty paikkatietojärjestelmä. (Paikkatietokeskus 2015.)

GPS:n paikannustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. toimintaympäristö, sääolosuhteet ja käytettävän vastaanottotekniikan laatu ja toimivuus. Vaikuttavista tekijöistä riippuen saatu paikannustarkkuus voi vaihdella millimetreistä jopa kymmeneen metriin. (Paikkatietokeskus 2015.)

3.2.2 GLONASS

GLONASS (Globalnaja Navigatsionnaja Sputnikovaja Sistema) on entisen Neuvostoliiton ja nykyisen Venäjän puolustusministeriön ylläpitämä paikannusjärjestelmä. Tämä järjestelmä on toimintaperiaatteeltaan hyvin samantapainen kuin yhdysvaltalainen GPS-paikkatietojärjestelmä, mutta eroaa siten, että jokainen 24

satelliitista lähettää satelliittisignaalia omalla taajuudella. (Paikkatietokeskus 2015.)

Alun perin GLONASS-järjestelmä kehitettiin GPS-järjestelmän tavoin sotilaallisiin tarkoituksiin, mutta nykyisin sen käyttö on laajentunut ammattikäyttöön sekä vähitellen myös erilaisiin paikkatietoa hyödyntäviin kuluttajatuotteisiin. Tällä hetkellä järjestelmällä on menossa modernisoiminen, jonka tarkoituksena olisi, että jokaiselle satelliitille tulisi sama lähetystaajuus. Tämän avulla paikannustarkkuus paranisi ja järjestelmää olisi helpompi käyttää yhdessä muiden järjestelmien kanssa. (Paikkatietokeskus 2015.)

3.2.3 Galileo

Galileo on Euroopan kehittämä satelliittinavigointijärjestelmä, joka poikkeaa Yhdysvaltojen GPS- ja Venäjän GLONASS-järjestelmistä siten, että se on alun perin suunniteltu siviilikäyttöön. Galileon kehittämisessä on ollut monenlaisia vaikeuksia, esimerkiksi ongelmat rahoituksessa, kehityksessä ja sen yhteensopivuudessa muihin paikannusjärjestelmiin. Ongelmista huolimatta Euroopassa ajatellaan Galileo-järjestelmän kehittämistä tärkeänä, koska silloin Euroopalla olisi oma järjestelmä ja se ei olisi riippuvainen Venäjän ja Yhdysvaltojen sotilaallisista paikannusjärjestelmistä. (Paikkatietokeskus 2015.)

Tulevaisuudessa Galileo-järjestelmällä on 30 satelliittia, jotka lähettävät signaaleja samalla taajuudella kuin Yhdysvaltojen GPS-satelliitit, mutta käyttävät kuitenkin omia kooditekniikoita. Tämän järjestelmän uskotaan olevan toimintakykyinen vuosien 2018–2020 välillä. (Paikkatietokeskus 2015.)

3.2.4 COMPASS

COMPASS, joka tunnetaan myös nimellä BeiDou 2, on Kiinassa kehitteillä oleva paikannusjärjestelmä, joka sisältää tulevaisuudessa 35 satelliittia. Tämä järjestelmä on toiminnaltaan hyvin samankaltainen kuin Yhdysvaltojen GPS-järjestelmä ja sen uskotaan olevan toimintavalmis vuonna 2020. (Paikkatietokeskus 2015.)

4 KONEOHJAUS

4.1 Yleistä

Koneohjauksessa työkoneeseen asennetaan koneohjausjärjestelmä, joka mittaa ja laskee työkoneen osien sijainnin reaaliajassa. Koneohjaus opastaa työkoneen kuljettajaa työskentelyssä ja usein nopeuttaa projektin etenemistä. On olemassa myös kehittyneempiä automaattisia koneohjausjärjestelmiä, joissa kuljettajan tarvitsee huolehtia ainoastaan työkoneen ohjaamisesta. Tyypillisiä kohteita automaattiselle koneohjaukselle ovat muun muassa puskukoneet, tiehöylät ja asfaltinlevittimet, koska niillä on suhteellisen yksinkertaiset liikeradat. Automaattinen koneohjausjärjestelmä ei sovellu esimerkiksi liikeradoiltaan laajoihin kaivukoneisiin. (Jaakkola 2010, 44–46.)

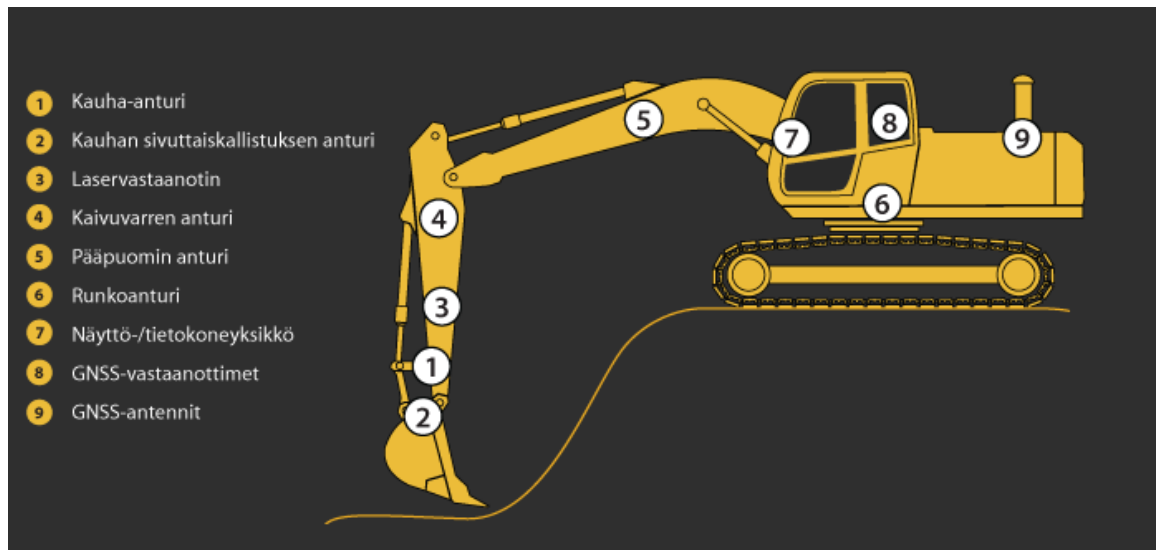
Koneohjausjärjestelmää voidaan hyödyntää esimerkiksi

- kaivinkoneissa
- puskuetraktoreissa
- ruoppaajissa
- pyöräkuormaajissa
- stabilointikoneissa
- kaatopaikkapakkaajissa
- paalutuskoneissa.

Koneohjausjärjestelmään kuuluu koneohjaukseen tarvittava tekniikka, joka asennetaan koneeseen yleensä laitteiston tarjoajan tai konekuskin toimesta. Koneohjauksen parissa työskentelevän maanmittausinsinöörin olisi kuitenkin hyvä pysyä tarvittaessa asentamaan henkilökohtaisesti järjestelmä toimintakuntoon. Hyvän tarkkuuden saavuttamiseksi, järjestelmä tarvitsee myös tukiaseman, joka voi olla kiinteä tai virtuaalinen. Tukiasemalta työkone saa tarvittavan korjauksen sijaintitietoihinsa. (Karppinen 2014, 2.)

4.2 Koneohjausjärjestelmä

Koneohjausjärjestelmä koostuu hieman työkoneesta riippuen erilaisista koneeseen asennettavista antureista, näyttö- ja tietokonelaitteista sekä satelliittipaikantimista (Kuvio 5). Kaivinkoneeseen asennettava koneohjausjärjestelmä on teknikaltaan monipuolisimpia järjestelmiä, koska siinä tulee ottaa huomioon useiden eri osien pyörimis- ja liikkumissuunnat. (Novatron 2015.)



Kuvio 5. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmä (Novatron 2015)

Koneohjaus on kasvattanut jatkuvasti suosiotaan erilaisissa maanrakennushankkeissa. Koneohjauksen avulla työ saadaan tehtyä laadukkaasti, tarkasti ja aikataulun mukaisesti. Koneohjauksen käyttö tehostaa maanrakennushankkeen eri vaiheita aina suunnittelusta ylläpitoon asti. Koneohjauksen ansiosta tuottavuus kasvaa ja näin ollen kilpailukyky paranee. (Novatron 2015.)

Kesätöissä saamiemme kokemusten mukaan, koneohjausjärjestelmän käyttäminen esimerkiksi maanrakennustyömaalla vähentää huomattavasti tarvetta mittamiehen jatkuvalla läsnäolölle. Työkoneenkuljettajan mahdollisuus lukea esimerkiksi korot ja kallistukset suoraan näyttöpäätelaitteelta vähentää maastoon merkitsemisen tarvetta työmaalla. Koneohjauksen ansiosta paalutuskeppien käyttö merkkauksessa vähenee, eikä koneenkuljettajien tarvitse varoa näiden katoami-

sia työvaiheessa. Paalutuskeppien (Kuvio 6) ja muiden merkintöjen käytön väheneminen tekee työmaasta siistimmän ja helpottaa myös mittamiehen työskentelyä.



Kuvio 6. Paalutuskeppejä

Koneohjauksen käyttäminen työmaalla vaikuttaa positiivisesti työturvallisuuteen ja apumiehen käytön tarve vähenee. Tämä mahdollistaa sen, että työalueella ei koneenkuljettajan lisäksi välttämättä tarvita muita henkilöitä, jolloin vaaratilanteet vähenevät. Työturvallisuuden parantumisen lisäksi koneohjauksen avulla voidaan säästää aikaa, sillä esimerkiksi kaivantojen luiskaamisen tarve vähenee, kun työkonenkuljettajan ei tarvitse pelätä kaivannon sortumista apumiehen päälle. Lisäksi kaivinkoneenkuljettajan on helpompaa havainnoida vaikeatkin rakenteet 3D-näkymän avulla. Koneohjausta voidaan hyödyntää useimmissa rakennushankkeissa. Koneohjausjärjestelmää ei kannata hankkia yhden pienen työmaan vuoksi, mutta laajalle ja pitkäkestoiselle työmaalle se on nykypäivänä miltei ehdoton hankinta. Useimmissa mittavissa urakka-rakennushankkeissa vaaditaankin koneohjausjärjestelmää työkoneisiin, mikäli haluaa päästä jatkoon tarjouskilpailussa.

4.3 Tukiasemat

Koneohjausjärjestelmä tarvitsee tukiasemalta saatavaa korjausdataa hyvän tarkkuuden saavuttamiseksi. Tukiasema voi olla kiinteä tai virtuaalinen. Tukiasema tulisi sijoittaa paikalle, jolta on mahdollisimman hyvä näkyvyys etenkin eteläiselle taivaalle, satelliittien sijaintien vuoksi. Kiinteä tukiasema käyttää yleensä verkkovirtaa tai sitten virta järjestetään akkujen avulla. Myös aurinkopaneelien käyttö virran talteenotossa on mahdollista. Kiinteä tukiasema on hyvä vaihtoehto suuremmille työmailla, mutta pienillä työmailla virtuaalisen tukiaseman käyttö on käytännöllistä. Alla on esitetty kuva aurinkopaneelilla varustetusta kiinteästä tukiasemasta työmaalla (Kuvio 7).

Virtuaalisia tukiasemapalveluja tarjoavat Suomessa muun muassa

- geotrim
- topcon
- leica.



Kuvio 7. Kiinteä tukiasema työmaalla (Nieminen 2011, 33)

4.4 Yleiset ongelmat koneohjauksessa

Koneohjauksen käyttö työmaalla ei ole aina täysin ongelmatonta. Työmaalla voidaan törmätä erilaisiin ongelmiin, joita tulisi ymmärtää ja osata ratkoa. Yleensä ongelmat johtuvat inhimillisistä virheistä, mutta myös laitteistot, tukiasemat ja ympäristö luovat omia haasteita koneohjausjärjestelmän toimivuudelle. (Kiiskinen 2015, 30.)

4.4.1 Inhimilliset virheet

Inhimillisiä virheitä tapahtuu usein, kun koneohjausjärjestelmän parissa työskentelevä henkilö ei ymmärrä täysin laitteiston toimintaa tai on muuten huolimaton työskentelyssään. Inhimillinen virhe voi olla esimerkiksi se, kun kaivinkoneen kauhan vaihdon yhteydessä ei muisteta vaihtaa kauhaa järjestelmässä. Toinen työntekijästä johtuva virhe voi olla tarkastuspisteellä käynnin tekemättä jättäminen välinpitämättömyyden tai huolimattomuuden vuoksi. Molemmissa esimerkkitapauksissa virheen suuruus voi olla merkittävä ja siitä voi seurata suuria tuotannollisia tai ajallisia tappioita. (Kiiskinen 2015, 30–33.)

4.4.2 Viat laitteistossa

Koneohjausjärjestelmän sisältämät laitteistot ovat kohtalaisen toimintavarmoja, mutta myös niissä kohdataan ongelmia. Laitteistosta johtuvat ongelmat ovat usein myös niitä, jotka hidastavat työn etenemistä eniten. Yleisimpiä vikoja ovat anturiviat. Anturit pyritään sijoittamaan suojaisiin paikkoihin, mutta mikäli anturi altistuu iskuille se voi hajota. Anturin hajottua koneohjauslaitteisto yleensä ilmoittaa anturiviasta. Alla on esitetty kuva kaivinkoneen puomiin sijoitetuista antureista (Kuvio 8). (Kiiskinen 2015, 30–31.)



Kuvio 8. Kaivupuomin ja peruspuomin anturit asennettuna (Laakso 2012, 17)

Yleisiä laitteisto-ongelmia ovat myös erilaiset kaapeliviat, jolloin kaapeli on voinut katketa, haurastua tai muutoin vaurioitua. Yleensä kaapelivian ollessa kyseessä, sen korjaus on nopea toimenpide, mikäli yhteensopiva kaapeli on saatavilla helposti. (Kiiskinen 2015, 30–32.)

Antenneissa sekä näyttöpäätteissä (Kuvio 9) esiintyvät ongelmat ovat kohtalaisen harvinaisia. Antennin tai näyttöpäätteen vaihtaminen uuteen on nopea, mutta kallis toimenpide, jota ennen kannattaa pohtia mikä on ollut hajoamisen syy. Joskus antennit voivat altistua iskuille esimerkiksi ahtaassa tilassa työskennellessä. (Kiiskinen 2015, 30–33.)



Kuvio 9. Näyttöpäätelaite (Novatron 2016a)

4.4.3 Ongelmat tiedonsiirrossa

Yleisimpiä koneohjauksessa esiintyviä ongelmia työmaalla, ovat erilaiset tiedonsiirrosta johtuvat ongelmat. Ongelmia voi esiintyä päivittäin, mutta ne ovat usein lyhytkestoisia eivätkä vaikuta merkittävästi työn etenemiseen. Tiedonsiirrossa esiintyvät ongelmat voivat johtua esimerkiksi haasteellisesta ympäristöstä, huonosta satelliittigeometriasta, aktiivisesta ionosfääristä, signaalin heijastumisesta sekä troposfäärin vaikutuksesta signaalin kulkuun. (Laurila 2012, 305.)

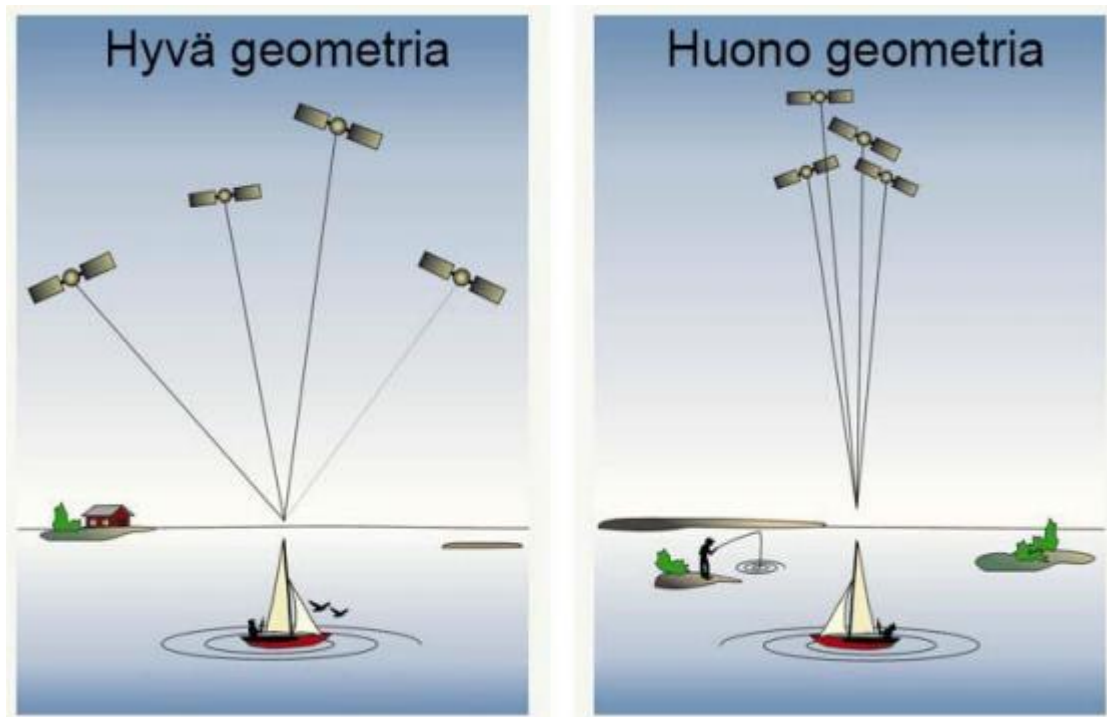
Työmaalla yleisimpiä ongelmia ovat maaston peitteisyydestä johtuvat signaalin kuuluvuusongelmat (Kuvio 10), joihin on vaikeaa tai lähes mahdotonta varautua etukäteen. Signaalin kuuluvuuteen voivat vaikuttaa esimerkiksi

- maaston korkeuserot
- korkea puusto/kasvillisuus
- korkeat rakennukset.



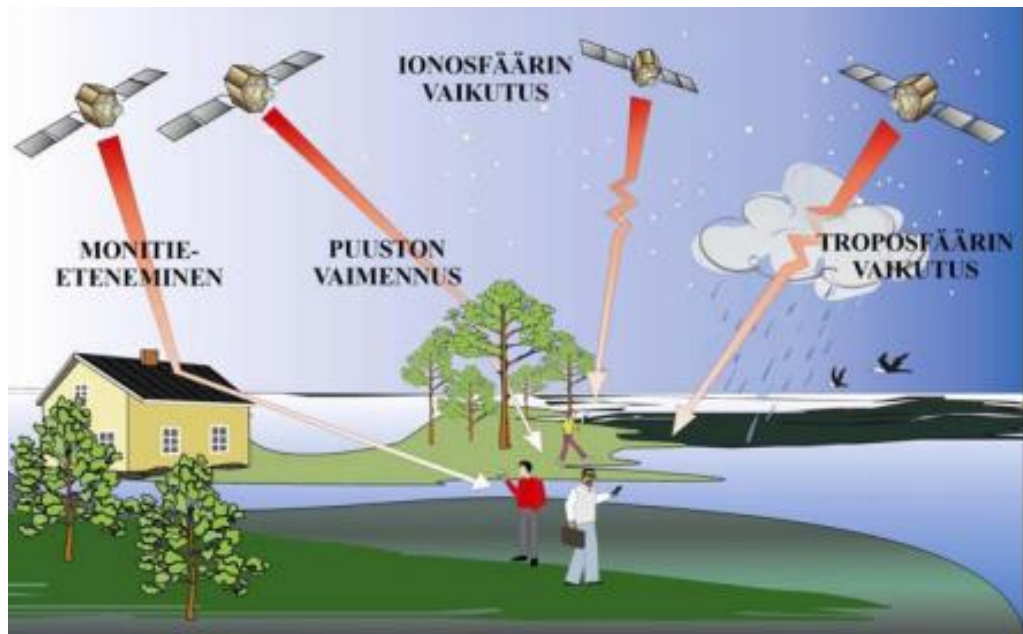
Kuvio 10. Haastavaa mittausympäristöä

Sateellittigeometrialla tarkoitetaan satelliittien lukumäärää ja sijaintia havaittujen nähtävien. Optimaalisissa mittausolosuhteissa satelliitteista yksi sijaitsee zenitissä ja muut ovat tasaisesti jakautuneet muodostaen suuren tilavuusalueen (Kuvio 11). Satelliittigeometriaa kuvataan laskennallisesti DOP-lukujen (Dilution of Precision) avulla. Suuri DOP-luku viittaa huonoon satelliittigeometriaan ja näin ollen mittauksen tarkkuuden heikentymiseen. DOP-arvoille ei ole asetettu ehdottomia raja-arvoja, mutta yleisesti voidaan ajatella, että arvojen ollessa alle viisi, satelliittien asema on paikannuksen kannalta hyvä. (Laurila 2012, 308–310.)



Kuvio 11. Hyvä ja huono satelliittigeometria (Airos, Korhonen & Pulkkinen 2007, 17)

Aktiivinen ionosfääri ja muutokset troposfäärissä voivat vaikuttaa signaalin etenemiseen. Aktiivisen ionosfäärin aikana mittaaminen voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta. Ionosfäärin aktiivisuus johtuu runsaasta auringon hiukkassäteilyn määrästä, joka voi ilmetä esimerkiksi voimakkaina aurinkotuulina ja revontulina. Troposfäärissä tapahtuvat sääolosuhteiden muutokset voivat luoda ongelmia korkeudenmääritykseen erityisesti vuoristoisilla alueilla. Tällä ilmiöllä ei ole Suomen tapaisella alueella merkittävää vaikutusta. Signaalin tarkkuuteen voi vaikuttaa myös mahdolliset monitieheijastumiset, jolloin signaali ei tule vastaanottiin suoraan satelliitista, vaan muuttaa suuntaansa esimerkiksi vedestä tai rakennuksista (Kuvio 12). Heijastumiset voivat aiheuttaa absoluuttisessa paikannuksessa jopa yli kymmenen metrin epätarkkuuksia mittaustuloksiin. (Laurila 2012, 306–307.)



Kuvio 12. Ympäristön aiheuttamat virhetekijät satelliittipaikannuksessa (Airos, Korhonen & Pulkkinen 2007, 16)

5 YLEISIMMÄT LAITEVALMISTAJAT

5.1 Scanlaser – Leica Geosystem

Scanlaserin ja Leican yhdistyessä 1.7.2014 syntyi Leica Geosystems, joka tarjoaa laajan valikoiman erilaisia koneohjaussovelluksia sekä niihin kuuluvat konsultoinnit, arvioinnit, asennukset, koulutukset ja tuet. Scanlaser merkki ei kuitenkaan tule katoamaan vaan sitä tullaan käyttämään jatkossakin koneohjauspuolella. (Wikman 2014.)

Leica Geosystems on osa maailmanlaajuista Hexagon konsernia, joka on johtava 3D-ratkaisujen toimittaja kohteiden suunnitteluun, mittaukseen, paikannukseen sekä tiedostojen käsittelyyn. Scanlaserilta on saatavilla koneohjausjärjestelmiä mm. Kaivinkoneisiin, tiehöyliin, paalutuskoneisiin, puskutraktoreihin sekä asfaltinlevittäjiin. Scanlaserin valikoima on todella laaja ja siltä on saatavilla useita erihintaisia sekä tasoisia koneohjausjärjestelmiä. (Wikman 2014.)

5.2 Topgeo Oy

Topgeo Oy on vuonna 1987 perustettu yritys, joka on toiminut pisimpään Suomen markkinoilla niin maanmittaus-, kuin rakennusmittauskojeiden maahantuoja. Topgeo Oy:n päämiehenä toimii Topcon Corporation, joka on alan suurimpia valmistajia. (Topgeo 2016.)

Topcon:lta on saatavilla laitteita perinteisistä korkeusjärjestelmistä aina integroituihin 3D-koneohjausjärjestelmiin. Topconilla on tarjottavana kolmenlaisia järjestelmätyyppejä, jotka ovat perinteinen GPS, Topcon GPS+ sekä Topcon mmGPS. Suurin eroavaisuus näillä järjestelmillä on se, että perinteisellä GPS:llä työskenneltäessä voidaan käyttää hyväksi vain Navstarin GPS-satelliitteja, kun taas Topcon GPS+ sekä Topcon mmGPS pystyvät hyödyntämään myös venäläisiä GLONASS-satelliitteja sekä tulevaisuudessa eurooppalaisia Galileo-satelliitteja. Perinteiseen GPS:ään verrattaessa suurin hyöty tulee siitä, että muut järjestelmät voivat tarjota tarvittavan signaalin RTK-mittaukselle 24h/vrk. (Topgeo 2016.)

5.3 Novatron Oy

Novatron Oy on suomalainen yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Pirkkalassa. Novatron Oy tuottaa sekä toimittaa koneohjausjärjestelmiä maanrakennustyökoneisiin. Yritys on toiminut alan markkinoilla pitkään ja siltä löytyykin jo 25 vuoden kokemus koneohjausjärjestelmistä. Novatron Oy on yksi johtavia koneohjausjärjestelmien tuottajia ja sen asiakaskuntaan kuuluvat maanrakennusurakoitsijat, konemyyjät ja konevalmistajat kotimaassa sekä ulkomailla. (Novatron 2016b.)

Novatron Oy:n tuotevalikoima on hyvin laaja ja se valmistaa koneohjausjärjestelmiä erilaisiin työkoneisiin ja tarpeisiin. Yrityksen tunnetuimpia tuotteita ovat kaihinkoneisiin tarkoitetut Xsite EASY sekä Xsite PRO mittaus- ja paikannusjärjestelmät. Koneohjausjärjestelmien lisäksi Novatron Oy tarjoaa asiakkailleen koneohjausjärjestelmien käyttöä tukevia ohjelmistoja ja palveluita. (Novatron 2016b.)

5.4 Trimble

Trimble on yhdysvaltalainen maanmittauslaitteita valmistava yritys. Yritys on perustettu vuonna 1978. Yrityksen perusti Charlie Trimble yhdessä kahden muun Hewlett-packardin työntekijän kanssa. Trimble on yksi maailman tunnetuimmista mittalaitteiden valmistajista ja sen tuotevalikoima on yksi suurimmista. Trimblen tuotevalikoimasta löytyy laitteita maasto- ja rakennusmittaukseen, koneohjaukseen sekä GPS-paikannukseen. Tuotteiden lisäksi Trimble Oy:ltä löytyy laitteiden huolto- sekä oheispalvelut. Vuonna 2002 Trimble ja maansiirtokoneita valmistava Caterpillar perustivat yhteisyrityksen, joka tuottaa koneohjausjärjestelmiä maansiirtokoneisiin. (Trimble 2016.)

Trimbleltä löytyy laaja tuotevalikoima erilaisia koneohjausjärjestelmiä ja saatavilla on perinteisiä 2D-järjestelmiä sekä kehittyneempiä 3D-järjestelmiä. Trimblen koneohjausjärjestelmiä löytyy useisiin eri käyttötarkoituksiin ja ne on mahdollista kiinnittää useisiin erilaisiin työkoneisiin. Trimblen ja Caterpillarin yhteistyöstä huolimatta, ovat Trimblen koneohjausjärjestelmät asennettavissa myös muiden valmistajien työkoneisiin. (Nieminen 2011, 24–25.)

6 KONEOHJAUSMALLIN TUOTTAMINEN

6.1 Yleistä

Koneohjausmallilla tarkoitetaan yleensä pintamallia tai viiva-aineistoa, jota työkonen kuljettaja voi havainnoida näyttöpäätteeltä. Koneohjausmalleja on paljon erityyppisiä ja niitä voidaan tuottaa erilaisiin käyttötarkoituksiin. Mallien suuruus voi vaihdella yksittäisten kaivantojen esittämisestä aina kokonaisen työmaan kattaviin malleihin. Mallin luomisesta vastaa yleensä maanmittausalan ammattilainen. Koneohjausmallien tuottamiseen käytetään yleensä maanmittausalan ohjelmistoja, joista yleisiä ovat esimerkiksi 3D-Win ja AutoCAD-ohjelmistot. Malleja voidaan tuottaa useista erilaisista lähtötietoaineistoista, joita ovat esimerkiksi tiegeometriat, poikki- ja pituusleikkauskuvat, kartoitettu aineisto sekä suunnitelmakuvat. Lähtötietoaineistot voivat olla joko paperi- tai digitaalimuotoisia.

6.2 Mallien tuottamisessa käytettävät ohjelmistot

6.2.1 3D-Win

3D-Win on suomalaisen 3D-system Oy ohjelmistotalon kehittämä Windows-käyttöjärjestelmille suunniteltu ohjelmisto, jolla voidaan tuottaa ja käsitellä mittausdataa. Kyseinen ohjelmisto on suunniteltu mitatun tiedon monipuoliseen jatkokäsittelyyn ja sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi

- mittausdatan tiedonsiirtoon
- tiedostojen formaattimuunnoksiin
- datan esikäsittelyyn, editointiin ja siirtämiseen erilaisiin järjestelmiin
- aineistojen katseluun ja tulostamiseen
- geodeettisessa laskennassa, koordinaatistojen muunnoksissa sekä tarkemittauksissa
- tietokantojen käsittelyssä
- karttatulosteiden valmistamisessa

- ominaisuustietojen käsittelyssä.

3D-Win on monikäyttöinen ohjelmisto, jossa on paljon työkaluja ja toimintoja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Ohjelmisto mahdollistaa yhtäaikaaisesti useiden vektorijä rasterikuvaelementtien hallinnan sekä niiden käsittelyn erikseen. Ohjelmiston muokkaamiseen itselle mieluisaksi löytyy useita toimintoja. Käyttäjä voi esimerkiksi vaikuttaa tiedostojen kuvautumiseen ruudulla määrittelemällä itselle mieluisat tiedostojen koodaukset, piirtoäännöt sekä symboliikat. (3D-system 2016, 1-2.)

6.2.2 AutoCAD

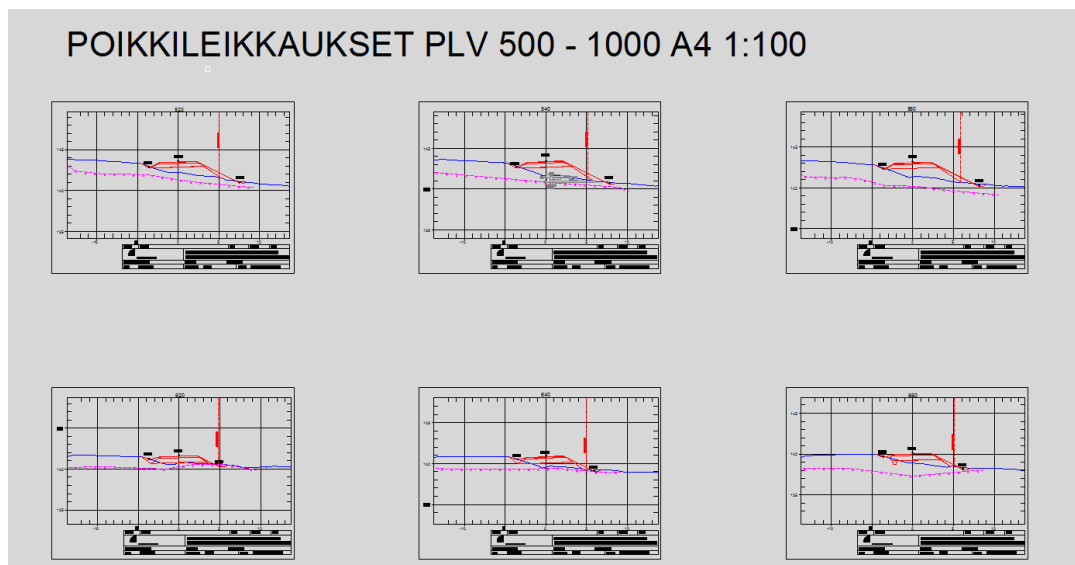
AutoCAD on Autodeskin suunnittelema vektorigrafiikkaa hyödyntävä suunnitteluohjelmisto, josta julkaistaan vuosittain uusi versio. Ohjelmiston ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982. Tällä hetkellä uusin saatavilla oleva versio on AutoCAD 2016, joka on jo kolmaskymmenes versio kyseisestä ohjelmasta. Ohjelmiston tiedonkäsittely tapahtuu muun muassa viivojen, murtoviivojen, kaarien, ympyröiden ja tekstien avulla. AutoCAD- ohjelmistolle luotu tiedostotyyppi dwg sekä tiedonsiirtoformaatti dxf ovat vakiinnuttaneet asemansa 2D ja 3D- suunnittelussa. (Mörsäri 2012, 30.)

6.3 Mallin tuottaminen poikkileikkauskuvien sekä tiegeometrian avulla

Seuraavan mallin luomisessa käytetään AutoCAD Map 3D 2016 sekä 3D-Win-ohjelmistoa. Lähtötietoaineistona toimivat tietyömaan tg-muotoiset tiegeometria-tiedostot sekä dwg- muotoiset poikkileikkauskuvat. Tiegeometriatiedosto voi sisältää joko pystygeometrian (pg), vaakageometrian (vg) tai molemmat (tg). Esimerkissä mallinnetaan tien rakennepinta. Ohjeessa käydään mallinnus läpi vaiheittain havainnollistavien esimerkkikuvien avulla.

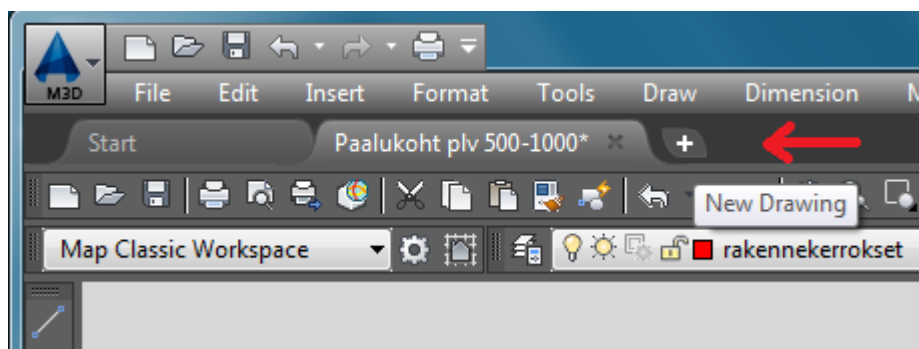
6.3.1 Taiteviivojen rakentaminen AutoCAD-ohjelmalla

Ensimmäisenä avataan dwg-tiedosto, jossa poikkileikkauskuvat sijaitsevat. Tämä tapahtuu valitsemalla File-valikosta Open-toiminto ja etsimällä hakemistosta oikea tiedosto. Tiedoston avaamisen jälkeen poikkileikkauskuvat avautuvat näytölle (Kuvio 13). Tässä vaiheessa on hyvä tarkistaa, että poikkileikkauskuvat ovat oikeassa mittakaavassa.



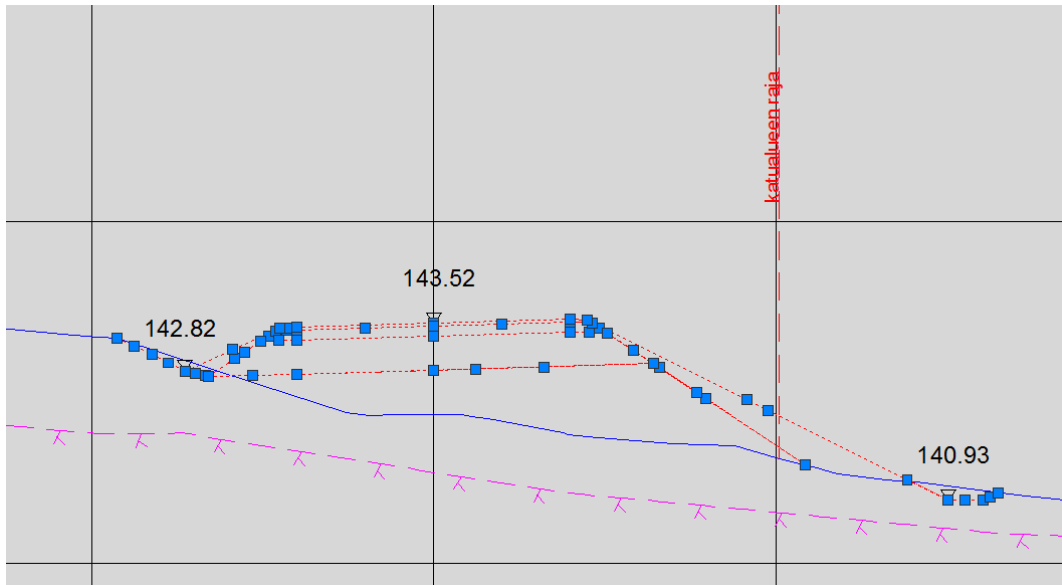
Kuvio 13. Poikkileikkauskuvia

Seuraavaksi luodaan uusi tiedosto. Tämä tapahtuu avaamalla uusi välilehti painamalla lisäyspainiketta (Kuvio 14). Uuden tiedoston katselusuunnaksi tulee valita Front, joka tapahtuu View-valikosta. Jos View-valikkoa ei ole näkyvissä se avataan painamalla hiiren oikeaa näppäintä yläpalkin kohdalla ja valitsemalla View-työkalupalkki.



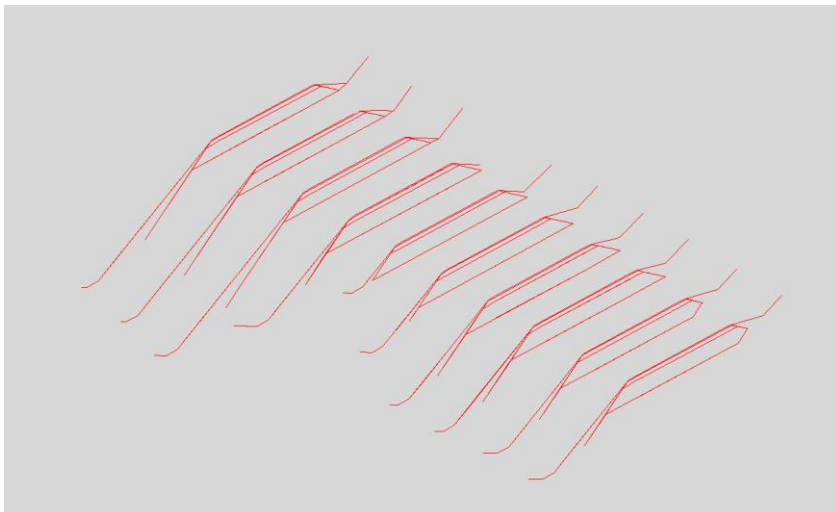
Kuvio 14. Uuden tiedoston lisääminen

Seuraava vaihe on kopioida poikkileikkauskuvat yksitellen paalulukujen mukaisiin paikkoihin Copy with basepoint -toiminnon avulla. Tämä tapahtuu valitsemalla tarvittavat viiva-aineistot aktiivisiksi (Kuvio 15) ja valitsemalla Copy with basepoint -toiminto joko valikosta tai pikanäppäimillä (Ctrl+Shift+C). Basepointin valinta tehdään tarttumalla halutusta mittalinjan kohdasta tai korosta.



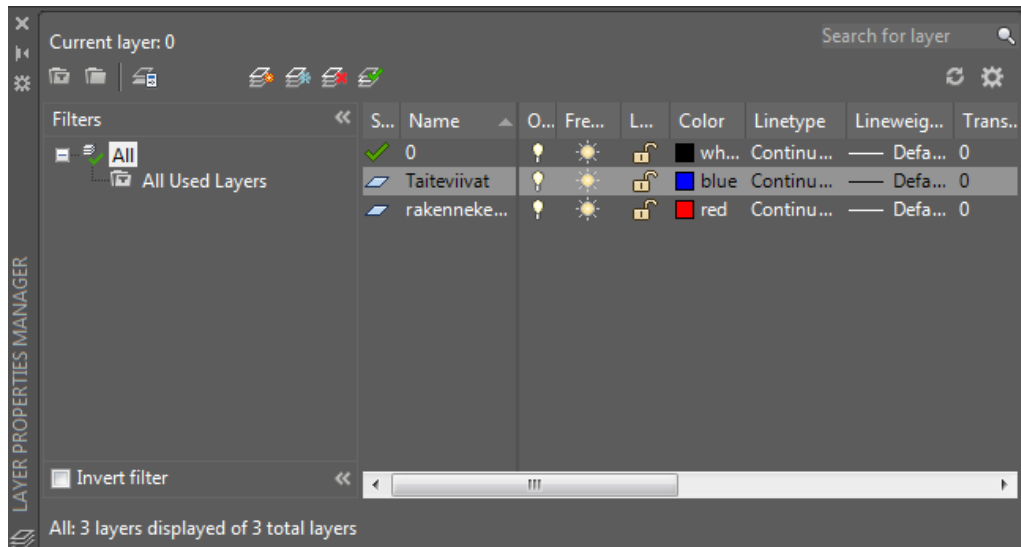
Kuvio 15. Poikkileikkauskuvasta aktiivisiksi valitut viivat

Seuraavaksi viivat liitetään (Paste) uuteen luotuun tiedostoon määrittämällä niiden sijainti paalulukujen mukaisesti. Esimerkiksi poikkileikkauskuvalle paaluluvulta 20 määritetään arvot (0,0,-20). Tätä toistetaan, kunnes jokainen poikkileikkauskuva on saatu kopioitua uuteen tiedostoon (Kuvio 16).



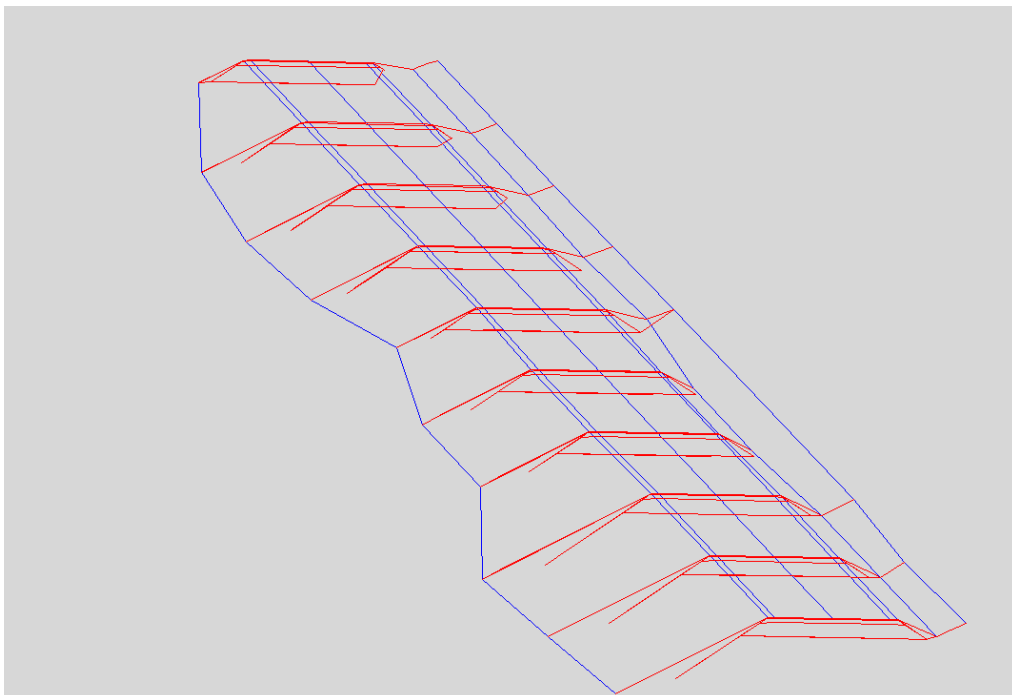
Kuvio 16. Poikkileikkauskuvat kopioituna uuteen tiedostoon

Poikkileikkauskuvien kopioimisen jälkeen tulee luoda uusi taso taiteviivoja varten Layer-valikkoon (Kuvio 17). Ennen viivojen piirtämistä valitaan 3D-orbit-toiminto, jonka avulla leikkauskuvat pyöritetään sopivaan kulmaan siten, että saadaan piirrettyä taiteviivat (päällysteen reunat yms.) leikkauskuvien välille.



Kuvio 17. Uusi taso Layer-valikossa

Taiteviivat piirretään poikkileikkauskuvien korkopisteiden välille (Kuvio 18). Tämä tapahtuu helposti käyttämällä AutoCAD:n tartunta-ominaisuuksia.

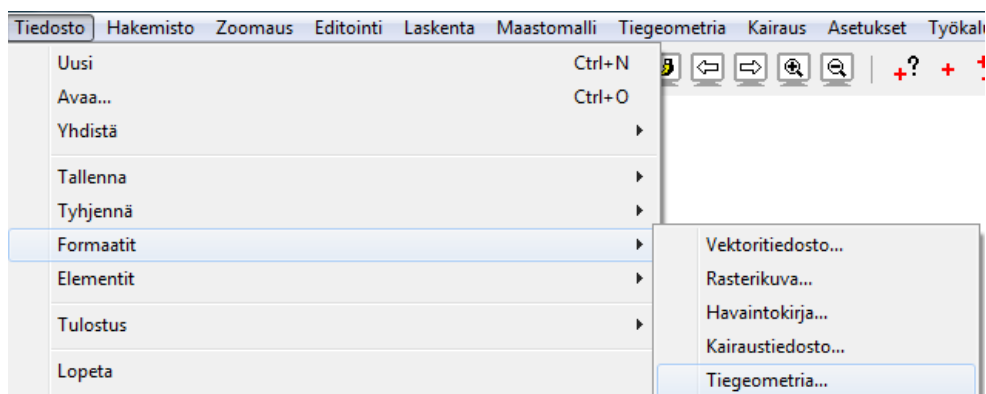


Kuvio 18. Ylimmän pinnan taiteviivat piirrettyinä poikkileikkauskuvien välille

Viimeinen vaihe on luoda uusi tiedosto, johon kopioidaan piirretyt taiteviivat (Copy with basepoint). Jokaisen mallinnettavan pinnan taiteviivat voidaan piirtää eri tasolle ja tallentaa tasot erillisinä tiedostoina dwg-formaatissa. Tämä helpottaa aineiston käsittelyä 3D-Win-ohjelmistolla.

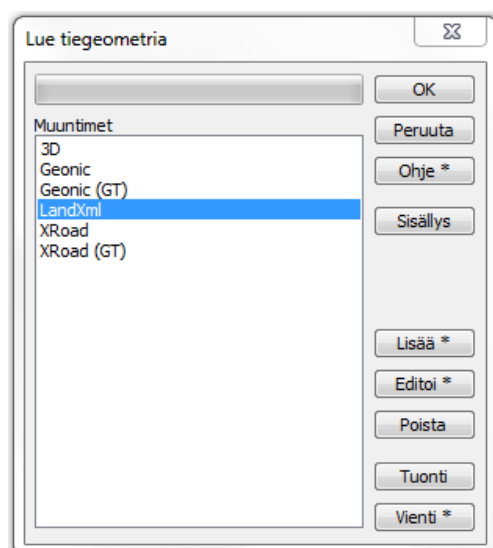
6.3.2 Aineiston käsittely 3D-Win-ohjelmistolla

Aineiston käsittely aloitetaan avaamalla tiegeometriatiedosto (tg) 3D-Win-ohjelmistolla. Avaaminen tapahtuu Tiedosto-valikon kautta valitsemalla Tiedosto → Formaatit → Tiegeometria (Kuvio 19).



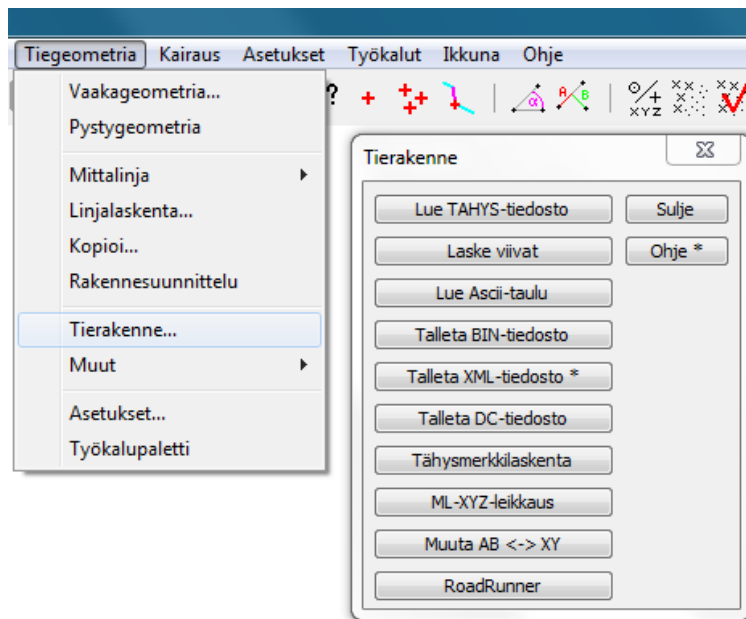
Kuvio 19. Tiegeometrian lukeminen

Luettavaksi tiedostoformaatiksi valitaan LandXML (Kuvio 20). Formaatin valinnan jälkeen avataan projektikansioista tarvittavat tiegeometriatiedostot.



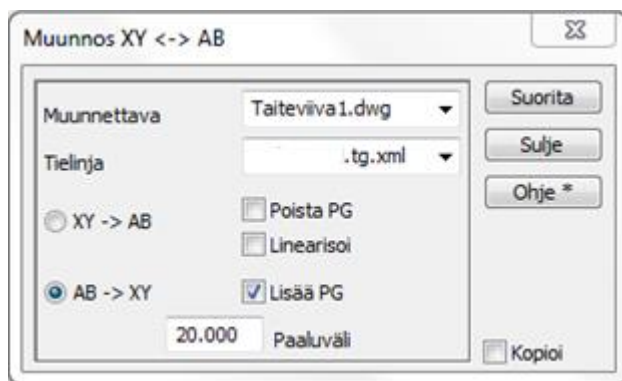
Kuvio 20. Formaatin valinta

Seuraava vaihe on avata AutoCAD- ohjelmistolla luodut taiteviiva- aineistot. Tämä tapahtuu valitsemalla Tiedosto→Formaatit→Vektoritiedosto. Luettavaksi formaatiksi valitaan dwg ja avataan taiteviiva-aineistot. Tämän jälkeen taiteviiva-aineistojen koordinaatit muunnetaan tiegeometriaan sidotuiksi koordinaateiksi. Koordinaattien muutos tapahtuu valitsemalla Tiegeometria→Tierakenne→Muuta AB <-> XY (Kuvio 21).



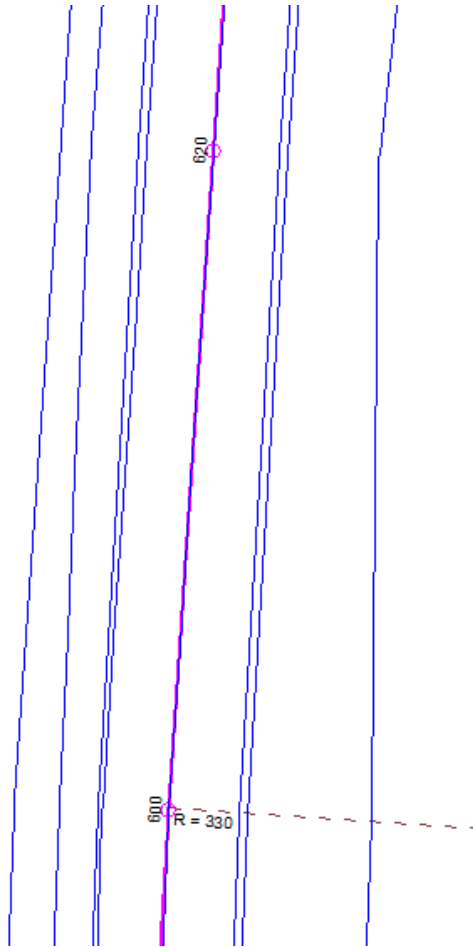
Kuvio 21. Koordinaattien muutos

Muunnosikkunassa valitaan muunnettava taiteviiva-aineisto sekä tielinja, jonka koordinaatistoon taiteviivat sidotaan. Ikkunasta valitaan myös AB <-> XY sekä lisää PG- toiminto. Lisäksi määritetään oikea paaluväli, jonka jälkeen valitaan suorita-toiminto (Kuvio 22).



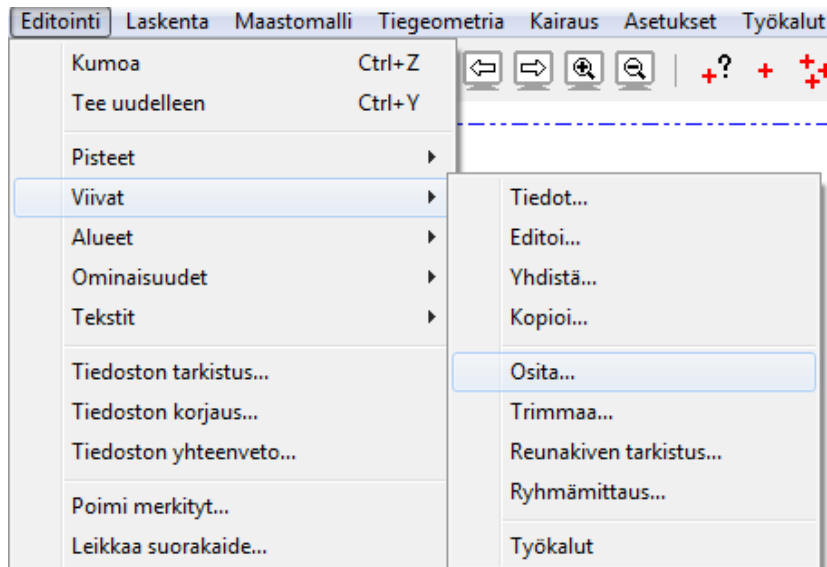
Kuvio 22. Valinnat muunnosikkunassa

Toiminnon jälkeen taiteviivat sitoutuvat tiegeometrian mukaiseen koordinaatistoon (Kuvio 23). Taiteviivojen tulisi nyt olla yhdensuuntaiset tiegeometrialinjojen kanssa.



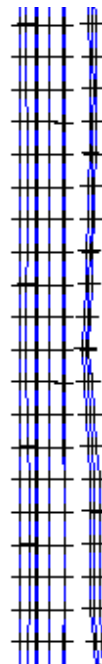
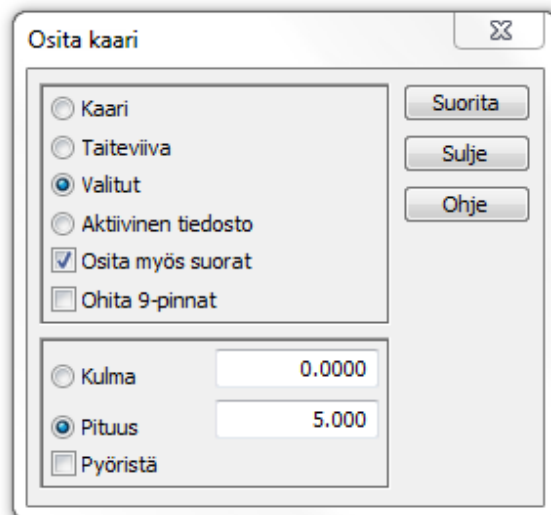
Kuvio 23. Koordinaatistoon sidotut taiteviivat

Seuraavassa vaiheessa valitaan elementtivalikosta aktiiviseksi taiteviivat, jotka ositetaan tasaisen kolmioinnoin saavuttamiseksi. Ositettavat viivat valitaan myös hiirellä esimerkiksi taiteviiva- hakutapaa käyttäen. Ositus tapahtuu valitsemalla Editointi→Viivat→Osita (Kuvio 24).



Kuvio 24. Taiteviivojen ositus

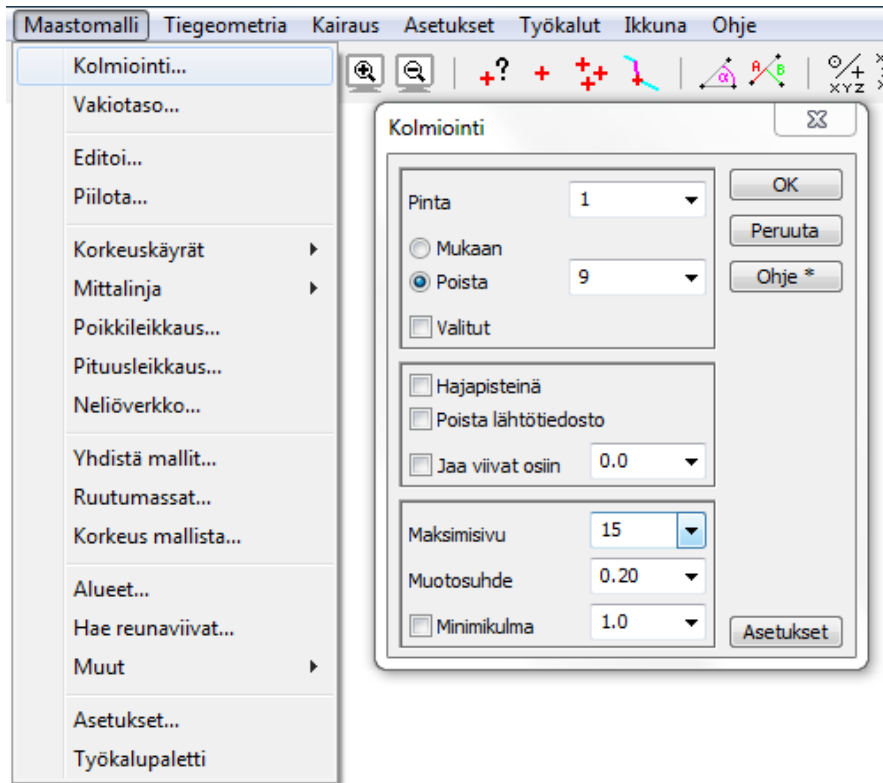
Ositusikkunassa kohdistetaan toiminto valittuihin tiedostoihin ja asetetaan osita myös suorat- toiminto aktiiviseksi. Lisäksi määritetään haluttu ositusmatka (Kuvio 25).



Kuvio 25. Ositetut taiteviivat

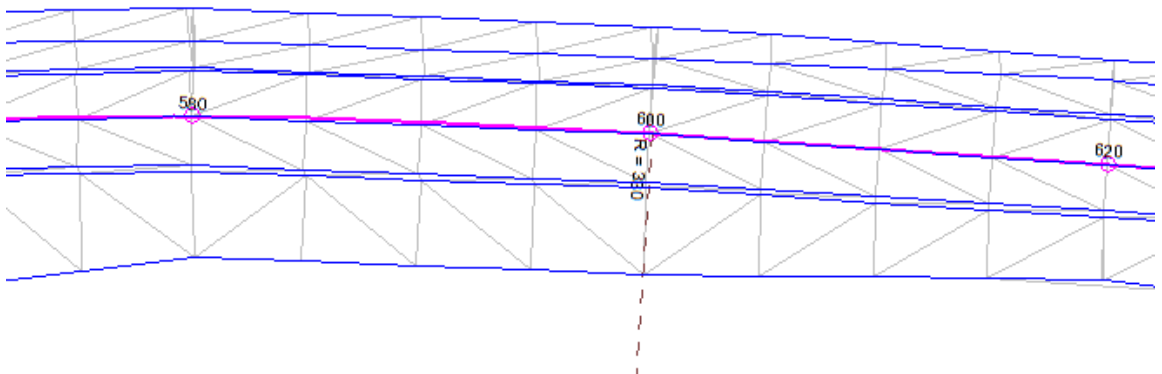
Osituksen jälkeen taiteviiva-aineisto tarkastetaan virheiden varalta käyttäen tiedoston tarkastusta valitsemalla Editointi→Tiedoston tarkistus→Suorita. Mahdol-

liset virheet, kuten leikkaavat taiteviivat on syytä korjata ennen aineiston kolmiointia. Aineiston kolmiointi tapahtuu valitsemalla maastomalli-valikosta kolmiointi, jonka jälkeen syötetään halutut arvot kolmiointi-ikkunassa ja suoritetaan kolmiointi (Kuvio 26).



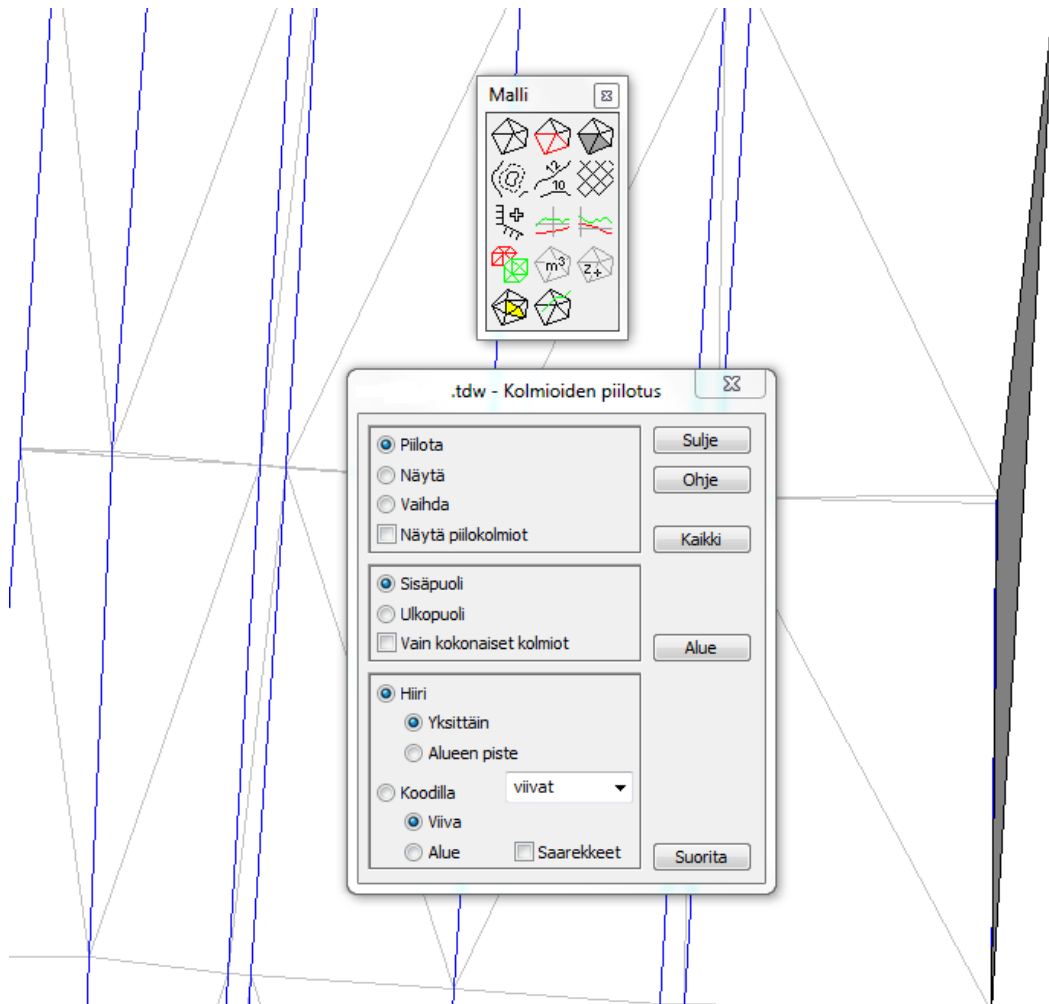
Kuvio 26. Kolmiointi-ikkuna

Kolmiointin tuloksena elementtistään tallentuu uusi kolmioverkkoelementti. Tämän lisäksi taiteviivojen välille tulisi muodostua tasainen kolmioverkko (Kuvio 27).



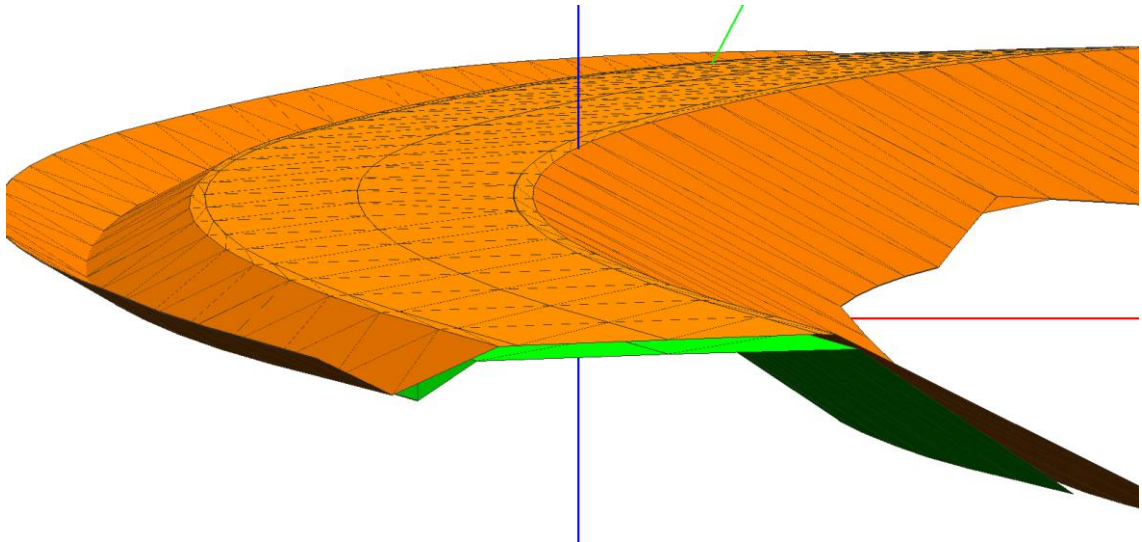
Kuvio 27. Kolmioitu aineisto näkyvissä

Kolmioinnin jälkeen kolmioverkko tulee siistiä poistamalla ylimääräiset kolmiot. Tämä tapahtuu työkalupaletista löytyvän kolmioiden piilotus- toiminnon avulla (Kuvio 28).



Kuvio 28. Kolmioverkon siistiminen

Valmista maastomallia voidaan tarkastella 3D-ikkunassa valitsemalla ikkuna ja 3D-malli. 3D-näkymässä mallia voidaan pyörittää hiiren avulla pitämällä Alt-näppäintä pohjassa. Mallin visualisoinnissa voidaan tarkastella useita maastomalleja yhtäaikaaisesti (Kuvio 29).



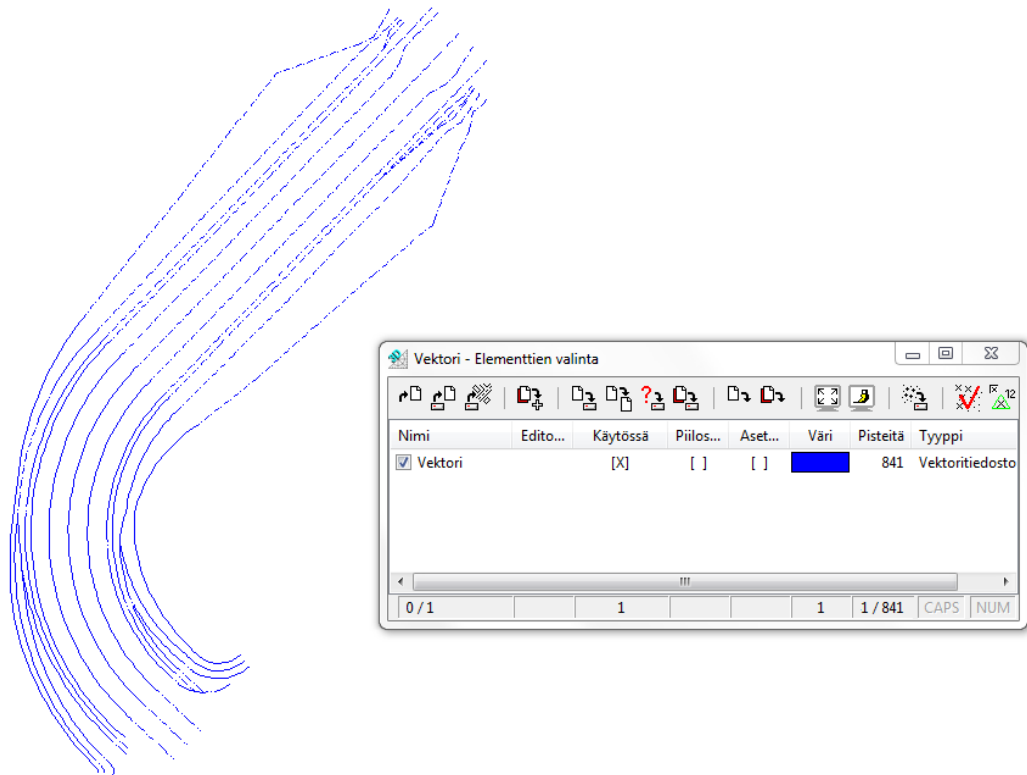
Kuvio 29. Pällekkäisiä maastomalleja 3D-näkymässä

6.4 Mallin tuottaminen lähtötietoaineistona XML-tiedosto

Lähtötietoaineistot ovat nykyään usein XML-formaatissa ja niissä ei teoriassa pitäisi olla enää korjattavaa, vaan niiden pitäisi toimia sellaisinaan. Lisäksi useimmat laitevalmistajat lupaavat, että ohjelmistot lukevat tiedostot ilman formaattimuunnoksia. Käytännössä aineistoissa on kuitenkin usein korjattavaa jossain määrin. Virheitä voi esiintyä esimerkiksi leikkaavina viivoina tai korkovirheinä. Tällaisissa tapauksissa aineistosta korjataan virheet ja viedään tiedosto eteenpäin mahdollisesti toisessa formaatissa. Lähtötietoaineistona on kevyen liikenteen väylän rakennepinta XML-formaatissa, jossa ilmenee pieniä virheitä, jotka vaativat korjausta. Esimerkissä käydään rakennepinnan mallinnus läpi vaiheittain havainnollistavien esimerkkikuvien avulla.

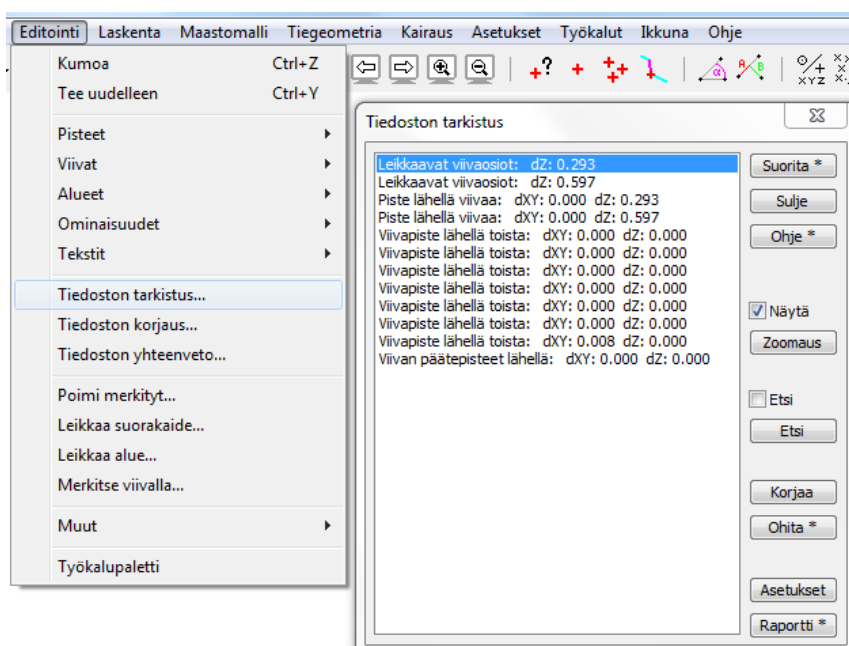
6.4.1 Lähtötietoaineiston tarkistus 3D-Win-ohjelmistolla

Lähtötietoaineisto avataan valitsemalla Tiedosto→Formaatit→Vektoritiedosto. Luettavaksi tiedostoformaatiksi valitaan LandXML, jonka jälkeen avataan tarvittavat aineistot. Elementtivalikkoon avautuu uusi vektoritiedosto (Kuvio 30).



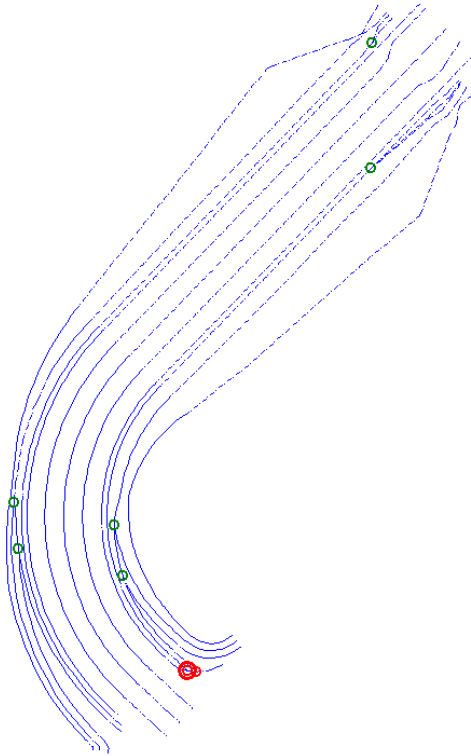
Kuvio 30. Lähtötietoaineisto avattuna 3D-Win-ohjelmistolla

Seuraava vaihe on tarkastaa tiedosto, joka tapahtuu valitsemalla Editointi→Tiedoston tarkastus→Suorita (Kuvio 31). Toiminto tarkistaa aktiivisen tiedoston ja listaa sieltä löytyneet virheet.



Kuvio 31. Tiedoston tarkistaminen

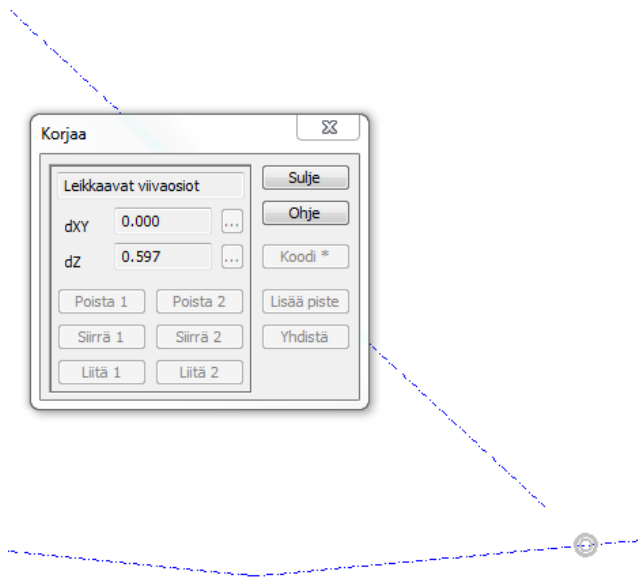
Virheiden paikallistamisen helpottamiseksi toiminto ympyröi löydettyjen virheiden sijainnit (Kuvio 32). Tiedoston tarkistusta voidaan käyttää sekä vektoritiedostoille että jo kolmioiduille maastomalleille.



Kuvio 32. Virheiden sijainnit

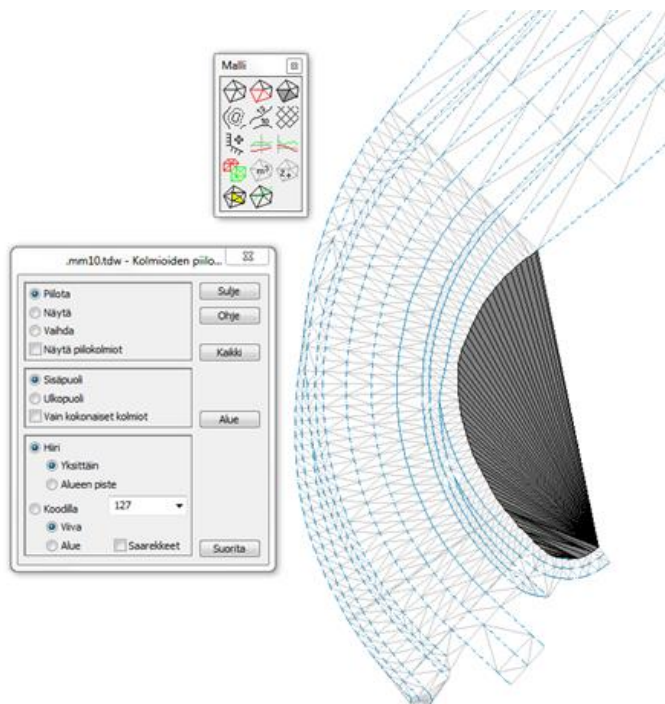
6.4.2 Lähtötietoaineiston korjaus 3D-Win-ohjelmistolla

Tiedoston korjaus aloitetaan valitsemalla korjattava virhe, jonka jälkeen valitaan korjaa-toiminto, joka löytyy tiedoston tarkistus-ikkunasta. Valitaan esimerkiksi virhe, jossa viivaosiot leikkaavat toisensa. Korjaa- toiminto numeroi leikkaavat viivat, jonka jälkeen voidaan esimerkiksi siirrä-toiminnolla korjata virhe (Kuvio 33).



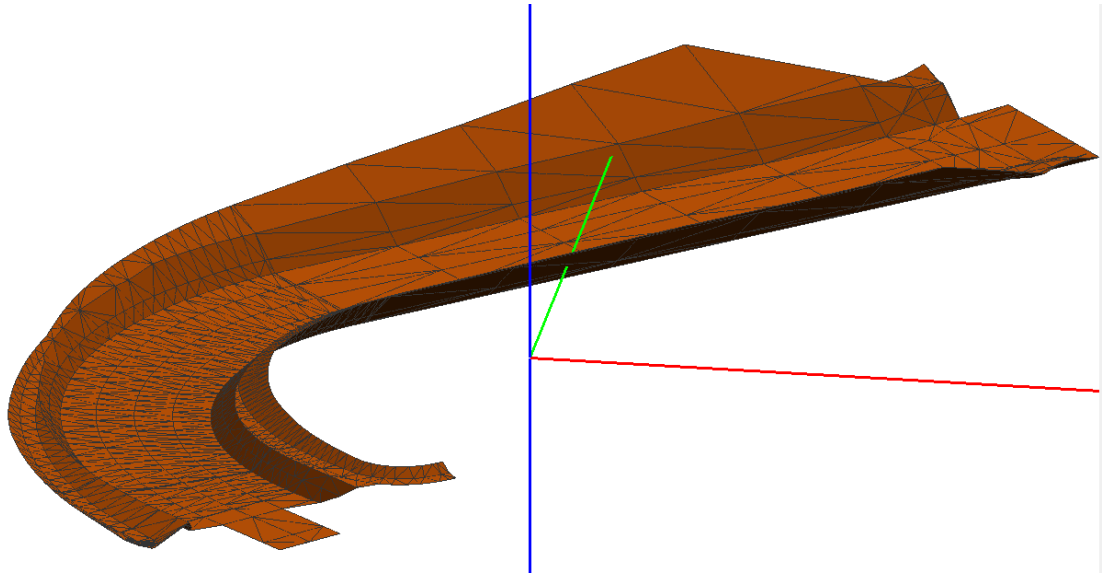
Kuvio 33. Leikkaavat viivaosiot korjattuna

Virheiden korjauksien jälkeen, tiedosto voidaan kolmioida. Mikäli kolmioinnissa ilmenee esimerkiksi ylimääräisiä kolmioita, ne voidaan piilottaa (Kuvio 34).



Kuvio 34. Kolmioiden piilotus

Valmista pintamallia voidaan tarkastella 3D-näkymässä (Kuvio 35). 3D-näkymässä mahdolliset virheet ja epäkohdat on helppo havaita.



Kuvio 35. Valmis pintamalli 3D-ikkunassa

7 POHDINTA

Suunnitellessamme opinnäytetyönaihetta tarkoituksenamme oli keksiä aihe, josta molemmat olisimme kiinnostuneita ja molemmilta löytyisi halua ja kiinnostusta oppia uutta. Meille molemmille oli myös tärkeää, että opinnäytetyöllä olisi jotain merkitystä. Yhdessä aihetta pohtiessamme huomasimme, että molemmilla oli kiinnostusta koneohjauksesta ja päätimmekin kehittää siitä opinnäytetyöllemme aiheen. Koneohjaus oli aiheena miellyttävä valinta myös, koska siitä löytyi molemmilta valmiiksi jo jonkin verran tietotaitoa. Lopullinen aiheen valinta syntyi kesätöiden pohjalta saatuun kokemukseen siitä, että koneohjausmallien tuottamiseen ei ole vain yhtä tapaa ja lähestulkoon jokaisella työntekijällä on siihen omat keinonsa. Näin päätimme luoda ohjeen, jonka avulla koneohjausmallien tuottaminen onnistuisi myös sellaiselta työntekijältä, jolla ei ole aikaisempaa kokemusta aiheesta.

Ohjeen laadun kannalta ajattelimme, että olisi hyvä löytää opinnäytetyölle toimeksiantaja, jolta löytyisi tietotaitoa koneohjauksesta sekä tarvetta kyseiselle ohjeelle. Toimeksiantajaksi saimmekin alan johtavan yrityksen Mitta Oy:n. Keskusteltuamme yrityksen henkilöstön kanssa saimme paljon tietoa koneohjauksen kehittymisestä ja siitä mikä koneohjauksen tilanne on nykypäivänä. Näiden tietojen perusteella päätimme yhdessä toimeksiantajan kanssa valita lähtötietoineistoiksi sellaiset aineistot, jotka ovat nykypäivänä tyypillisiä koneohjausmalleja luodessa. Ohje päätettiin toteuttaa AutoCAD Map 3D sekä 3D-Win-ohjelmistoilla, koska ne ovat yleisesti käytössä maanmittausalalla ja ne olivat myös meidän käytettävissämme koulun tiloissa.

Opinnäytetyön tekeminen alkoi lähtötietoineistoihin tutustumisella sekä niiden rajaamisella opinnäytetyön tarkoitusten mukaisiksi. Opinnäytetyötä tehdessä huomasimme, että vaikka molemmilta löytyi entuudestaan hieman tietotaitoa asiasta, jouduimme silti turvautumaan ammattilaisen apuun ongelmakohdissa. Vaikeuksista huolimatta koneohjausmallien tuottaminen onnistui ulkopuolisen avun sekä sinnikkään yrittämisen ansiosta. Koneohjausmallin tuottamisprosessin kirjoittaminen ohjeeksi oli työläs vaihe, koska halusimme luoda ohjeesta selkeän kokonaisuuden, jota on helppo hyödyntää esimerkiksi opetuskäytössä.

Opinnäytetyön tekeminen oli molemmille palkitseva ja opettavainen prosessi, jonka aikana tietämys koneohjausmalleista ja niiden tuottamisesta on kasvanut huomattavasti. Teoriapohjaa tehdessä saimme runsaasti uutta tietoa erilaisista mittaustavoista ja niiden toimintaperiaatteista. Lisäksi koneohjausmallien tuottamisessa käytettyihin ohjelmistoihin perehtyminen on lisännyt tietämystä ohjelmistojen toiminnoista ja käytettävyydestä.

Koneohjaus sekä mallien tuottaminen ovat todella nopeasti kehittyviä aihealueita maanmittauspiireissä ja uskomme, että ne muuttuvat huomattavasti lähitulevaisuudessa. Jatkuva koneohjaustekniikan kehitys sekä koneohjausmallien vaatimusten muuttuminen luo tarvetta ohjeiden säännölliselle päivittämiselle.

Tässä opinnäytetyössä on käytetty esimerkkinä kahta erityyppistä lähtötietoa-ineistoa ja olisi hyvä, että jatkossa tehtävissä ohjeissa ja tutkimuksissa käsiteltäisiin myös erilaisia lähtötietoa-aineistoja. Lisäksi olisi hyvä keskittää ohjeiden tuottaminen suurille yrityksille, tämän avulla voitaisiin yhtenäistää koneohjausmallin tuottamisen tapoja maanmittausalalla.

LÄHTEET

3D-system. 2016. 3D-Win. Viitattu 26.1.2016

http://www.3d-system.fi/ruubikcms/download.php?f=3d-win_suomi.pdf.

Airos, E. Korhonen, R. Pulkkinen, T. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät. Viitattu 15.2.2016

<http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/658d1080428c8d79900bd2e60feb2862/PVTTJul-kaisu12.pdf?MOD=AJPERES>.

EGNOS. 2015. What is GNSS?. Viitattu 14.12.2015

<http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos/what-gnss>.

GPS Navigation Systems. 2015. GPS Navigation Systems. Viitattu 15.12.2015

<http://gpsnavigationsite.com/>.

Jaakkola, M. 2010. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön - haaste työnjohdolle. Tierakennusmestari 4/2010, 44-46.

Karppinen, T. 2014. Koneohjaus. Viitattu 16.12.2015

<https://moodle.eoppimispalvelut.fi/mod/folder/view.php?id=440258>.

Kiiskinen, M. 2015. Koneohjauksen ongelmat työmaalla. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Laakso, M. 2012. Kaivinkoneen koneohjauksen hyödyntäminen talonrakennustyömailla. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Jyväskylä: Kopijyvä Oy.

Mörsäri, S. 2012. AutoCAD P&ID PI-Kaavioiden tuottamisen apuvälineenä. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu. Energiatekniikka. Opinnäytetyö.

Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Novatron 2015. Mitä on koneohjaus? Viitattu 11.12.2015. <http://www.novatron.fi/fi/koneohjaus.html>.

Novatron 2016a. XSITE® PRO Edistynyt 3D-koneohjausjärjestelmä. Viitattu 2.2.2016. <http://www.novatron.fi/fi/>.

Novatron 2016b. Novatron Oy. Viitattu 2.4.2016.

<http://novatron.fi/yritys/#novatron-oy>.

Paikkatietokeskus 2015. Paikannussatelliittijärjestelmät. Viitattu 15.12.2015

<http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikannussatelliittij%C3%A4rjestelm%C3%A4t>.

Topgeo 2016. Mitä koneohjaus on? Viitattu 2.4.2016

http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=126.

Trimble 2016. About Trimble. Viitattu 2.4.2016

http://www.trimble.com/Corporate/About_Trimble.aspx.

Wikman, E. 2014. Leica Geosystems Oy ja Scanlaser Oy yhdistävät voimansa 1.7.2014. Viitattu 28.12.2015

http://www.scanlaser.fi/thumbs/originals/BMMQ_5239.pdf.